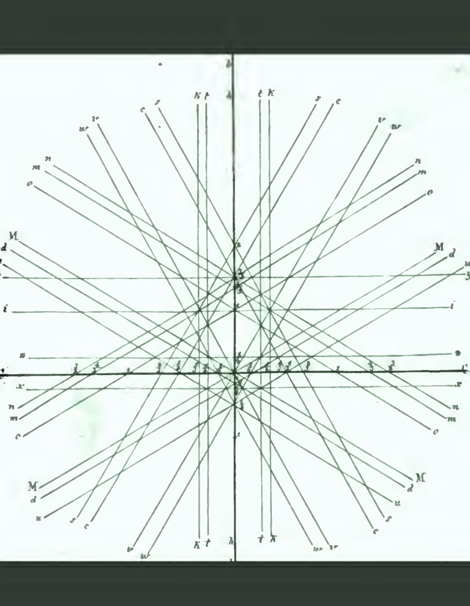
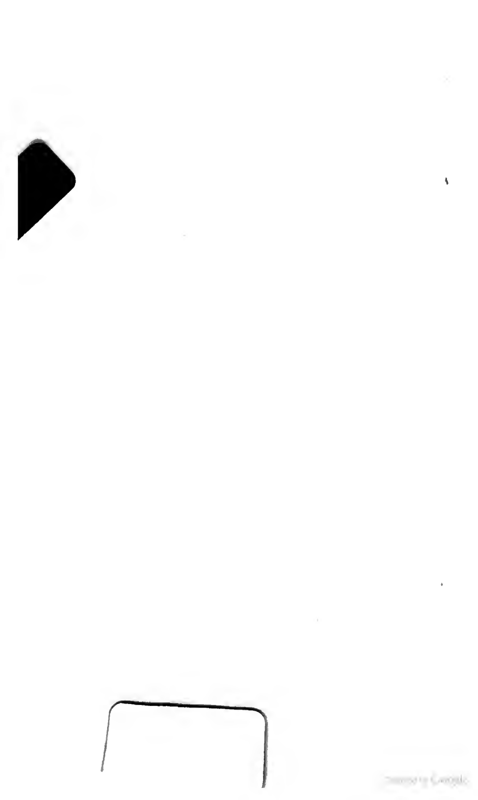


Annalen der Physik und Chemie

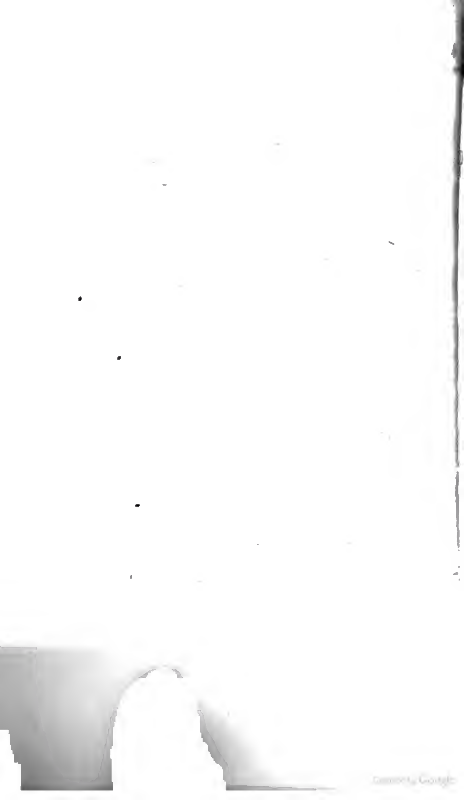


ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND XCIV.



ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

VIERTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

VIERTER BAND

NEBST FÜNF KUPFERTAFELN UND ZWEI STEINDRUCKTAFELN.

LEIPZIG, 1855.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN,

VON

J. C. POGGENDORFF.

VIER UND NEUNZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT UND SIEBZIGSTER.

NEBST FÜNF KUPFERTAFELN UND ZWEI STEINDRUCKTAFELN.

LEIPZIG, 1855.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.



Inhalt

des Bandes XCIV der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Seite

I. Ueber die Zusammensetzung von Spectralfarben; von H. Helmholtz 1

II. Beitrag zur näheren Kenntnifs des Wesens der sogenannten Coërcitivkraft; von J. Plücker 28

III. Ueber die Vertheilung der Regen in der gemäfsigten Zone; von H. W. Dove 42

IV. Ueber Diffusion; von A. Fick 59

V. Ueber das relative Gewicht, das Volum und die Löslichkeit der Salzatome; von P. Kremers 87

VI. Ueber die chemische Zusammensetzung des Vesuvians; von C. Rammelsberg 92

VII. Ein Beitrag zur näheren Kenntnifs des Dolomits in den Walliser Alpen; von W. Sartorius v. Waltershausen . . . 115

Seite

VIII. Optische Untersuchungen; von A. J. Ångström 141

IX. Beitrag zur Theorie der Gaugain'schen Tangentenbussole; von V. Pierre 165

X. Ueber den bei Linum, unweit Fehrbellin in der Mark Brandenburg, niedergefallenen Meteorstein; von G. Rose 169

XI. Ueber eine Methode zur Bestimmung der elektromotorischen Kräfte; von J. Bosscha 172

XII. Zusammensetzung des rothen Polyhalits von Vic, im Departement der Meurthe; von G. Jenzsch 175

(*Geschlossen am* 23. *December* 1854.)

Zweites Stück.

I. Ueber das Verhältniſs des Laplace-Biot'schen Gesetzes zu Ampère's Theorie des Magnetismus; Vergleich der von Neumann und Plücker aufgestellten Theorien der magneto-elektrischen Induction; von A. Beer 177

II. Vertheilung der Elektricität eines ellipsoïdischen Conductors durch den Einfluſs einer entfernten elektrischen Masse; von Demselben 192

III. Bemerkungen über Volta'sche Polarisation, Zersetzungskraft und Uebergangswiderstand; von W. Beetz 194

IV. Ueber die Empfindlichkeit der menschlichen Netzhaut für die brechbarsten Strahlen des Sonnenlichts; von H. Helmholtz . . 205

V. Ueber den zweiaxigen Glimmer vom Vesuv; von N. v. Kokscharow 212

VI. Ueber den Klinochlor von Achmatowsk; von Demselben . . . 216

VII. Ueber das Krystallisationssystem des Datoliths; von F. H. Schröder 235

VIII. Die grüne Farbe der oxalsauren Eisenoxyd-Alkalien und die weiſse der Eisenoxyd-Alaune; von W. Haidinger 246

IX. Ueber den veränderlichen Grad der zwischen Salzen uud Wasser auftretenden Affinität; von P. Kremers 255

Seite

X. Ueber die Destillationsproducte der Stearinsäure; von W. Heintz. 272

XI. Beitrag zur Kenntnifs der Inductionsapparate und deren Wirkungen; von J. C. Poggendorff 289

XII. Bemerkung zur Abhandlung des Hrn. Sartorius v. Waltershausen; von J. Ch. Henfser 334

XIII. Resultate der Ozonometer-Beobachtungen in Bern vom December 1853 bis Ende November 1854; von R. Wolf . . . 335

XIV. Zusatz zum Klinochlor-Aufsatz; von N. v. Kokscharow . 336

(*Geschlossen am* 14. *Februar* 1855.)

Drittes Stück.

I. Ueber die Diathermanität einiger Gasarten und gefärbten Flüssigkeiten; von R. Franz 337

II. Beobachtungen über eine neue Entstehungsweise des Tons und Versuch einer Theorie derselben; von J. J. Oppel 357

III. Untersuchungen an Mineralien der Sammlung des Hrn. Dr. Krantz in Bonn; von H. Dauber 398

IV. Ueber die optischen Eigenschaften einiger Krystalle des tesseralen Systems; von H. Marbach 412

V. Ueber die unächte innere Dispersion der dichroïtischen Hämatin-Lösung; von E. Brücke 426

VI. Ueber die Vorstellungen vom Verhalten des Aethers in bewegten Mitteln; von A. Beer 428

VII. Zur Krystallform des Mejonits; von C. Rammelsberg . . 434

VIII. Gasverdichtungs-Versuche; von J. Natterer 436

IX. Mikroskopische Beobachtungen sehr gesetzmäfsiger Bewegungen, welche die Bildung von Niederschlägen harziger Körper aus Weingeist begleiten; von E. H. Weber 447

X. Ueber die weifse Farbe der Eisenoxyd-Alaune und die braune ihrer wäfsrigen Lösungen, von H. Rose 459

Seite

XI. Zwei naturwissenschaftliche Mittheilungen; von G. Sandberger 462
1. Kantenmessung von Krystallen mittelst des geognostischen Compasses. — 2. Leptometer.

XII. Untersuchung des grünen Stoffes, den die kleinsten Infusorien enthalten; vom Fürsten zu Salm-Horstmar 466

XIII. Ueber das dispergirte rothe Licht in der Auflösung des Chlorophylls; von Demselben 467

XIV. Ueber die Gränze der Verdampfung des Quecksilbers; von C. Brame 468

XV. Ueber die Farben gekühlter Gläser ohne Polarisationsapparat; von W. Rollmann 473

XVI. Ueber einen Diamantkrystall aus dem Districte Bogagem in Brasilien; von Dufrénoy 475

XVII. Ueber die von den Seefahrern unter dem Namen Meermilch beschriebenen Erscheinungen, von Camille Dareste 478

(*Geschlossen am* 8. *März* 1855.)

Viertes Stück.

I. Ueber die Zersetzung unlöslicher Salze mittelst der Lösungen auflöslicher Salze; von H. Rose 481

II. Mittheilungen aus dem chemischen Laboratorium zu Clausthal; von A. Streng 493
Volumetrische Bestimmung des Eisens S. 493. — Volumetrische Bestimmung des Antimons S. 499. — Ueber die bei den Kupferhütten des Oberharzes von B. Kerl eingeführte Kupferprobe S. 506.

III. Ueber die Zusammensetzung einiger Salze; von C. Rammelsberg 507

IV. Ueber ein Mittel, auf chemischem Wege einen luftleeren Raum zu erzeugen; von C. Brunner 523

Seite

V. Beobachtungen über eine neue Entstehungsweise des Tons und Versuch einer Theorie derselben; von J. J. Oppel (Schlnfs) . 530

VI. Abgeänderte Art der chemischen Harmonika; von R. Böttger 572

VII. Ueber elektromagnetische Spiralanziehung; von J. Dub . . 573

VIII. Ueber die trigonalen Trapezoëder des hexagonalen Systems nnd ihr Vorkommen am Quarz; von A. Kenngott 591

IX. Ueber die Einwirknng des Lichts auf Chlorwasser; von W. C. Wittwer 597

X. Ueber die durch Berührung nngleich warmer Körper erzeugten Erzitterungen nnd Töne; von J. Tyndall 613

XI. Untersuchnngen über das Wismuth; von R. Schneider . . 628

Sechste Abhandlnng. Ueber Selenwismuth und selenbasisches Chlorwismuth.

XII. Ueber die Wärmewirkung der Inductionsfnnken; von J. C. Poggendorff 632

XIII. Ueber die Krystallformen der Mandelsänre und des Aldehyd-ammoniaks; von J. Heufser 637

XIV. Einige Bemerknngen über Fluorescenz; von G. Osann . . 640

XV. Pluviometrische Beobachtungen zu Havana; von Casaseca . 642

XVI. Hagelfälle nnd deren wahrscheinliche Zunahme auf Cuba; von André Poey 643

XVII. Statistik der dnrch den Blitz Erschlagenen 644

(*Geschlossen am* 30. *März* 1855.)

Nachweis zu den Kupfertafeln.

Taf. I. — Helmholtz, Fig. 1, S. 3; Fig. 2, S. 2; Fig. 3, S. 16; Fig. 4, S. 25; Fig. 5, S. 27. — Ångström, Fig. 6, S. 146. — Fick, Fig. 7, S. 78. — Sartorius v. Waltershausen, Fig. 8, S. 127; Fig. 9, S. 123; Fig. 10, S. 124; Fig. 11 u. 12, S. 135.

Taf. II. — Kremers, S. 87.

Taf. III. — Ångström, S. 148 u. 150.

Taf. IV. — Ångström, Fig. 1, S. 155; Fig. 2, S. 154; Fig. 3, S. 158. — Beer, Fig. 4, S. 179; Fig. 5, S. 184. — N. v. Kokscharow, Fig. 6 u. 6^b bis 13 u. 13^b, S. 221 u. 222. — N. v. Kokscharow, Fig. 14, S. 213

Taf. V. — N. v. Kokscharow, Fig. 1, S. 225; Fig. 2, S. 228. — Schröder, Fig. 3 bis 11, S. 235; Fig. 12 u. 13, S. 236.

Taf. VI. — Oppel, Fig. 1, S. 357; Fig. 2, S. 361; Fig. 3, S. 366; Fig. 4, S. 370; Fig. 5, S. 372; Fig. 6, S. 374; Fig. 7, S. 375; Fig. 8, S. 378; Fig. 9, S. 381; Fig. 10, S. 543; — Dauber, Fig. 11 u. 12, S. 400; Fig. 13 u. 14, S. 403; Fig. 15, S. 407. — Rammelsberg, Fig. 16 u. 17, S. 434. — E. H. Weber, Fig. 18, 19, 20 u. 21, S. 448; Fig. 22, 23 u. 24, S. 449; Fig. 25, S. 450; Fig. 26, 27, 28 u. 29, S. 451; Fig. 30, S. 454. — Oppel, Fig. 31, S. 558; Fig. 32, S. 459; Fig. 33, S. 561; Fig. 34, S. 563; Fig. 35, S. 565; Fig. 36, S. 569.

Taf. VII. — Oppel, Fig. 1, S. 552; Fig. 2, S. 557; Fig. 3, S. 561. — Brunner, Fig. 4, S. 524; Fig. 5, S. 525; Fig. 6, S. 525; Fig. 7, S. 527; Fig. 8, S. 528. — E. H. Weber, Fig. 9, S. 455; Fig. 10 und 11, S. 457; Fig. 12, S. 455. — Tyndall, Fig. 13, 14, 15, S. 617; Fig. 16, S. 618.

1855. ANNALEN №. 1.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XCIV.

I. *Ueber die Zusammensetzung von Spectralfarben;* *von H. Helmholtz.*

(Theilweis vorgetragen in der Zusammenkunft der British Association zu Hull im September 1854.)

In meiner Abhandlung »*über die Theorie der zusammengesetzten Farben*«[1]) habe ich den Beweis geführt, dafs Mischung farbiger Pigmente nicht nothwendig dieselbe Mischfarbe giebt, welche durch Zusammensetzung des entsprechenden farbigen Lichtes gewonnen wird. Bei dieser Gelegenheit hatte ich vermittelst einer eigenthümlichen Methode Untersuchungen über die Resultate der Zusammensetzung einfacher prismatischer Farben angestellt und dabei unter anderen, den früheren Annahmen widersprechenden Resultaten, auch gefunden, dafs nur ein einziges Paar einfacher Complementarfarben, Indigblau und Gelb, im Spectrum vorhanden sey. Diefs war, wie auch später Hr. Grafsmann[2]) streng und ausführlich nachgewiesen hat, mit der von Newton aufgestellten Form, in der man das Gesetz der Farbenmischungen auszudrücken pflegte in geradem Widerspruche, auch wenn man die Vertheilung der Farben in Newton's Farbenkreise nach Belieben geändert hätte. Ich selbst habe das genannte Ergebnifs meiner damaligen Untersuchungen als höchst auffallend bezeichnet, vermied es aber, die Schlüsse, welche sich daran zu knüpfen schienen, weiter auszuführen, weil die sichere Bestimmung gerade der weifsen oder weifslichen Farbentöne bei der Methode, welche ich gebraucht

1) Diese Ann. Bd. LXXXVII, S. 45. — J. Müller's Archiv für Anat. und Physiol. 1852, S. 461.
2) Diese Ann. Bd. LXXXIX, S. 69.

hatte, grofse Schwierigkeiten darbot. Ich hob im Gegentheil hervor, dafs zu einer sicherern Bestimmung der weifsgebenden Strahlen, namentlich dem Felde der zusammengesetzten Farben eine gröfsere Flächenausdehnung gegeben werden müsse. Uebrigens hielt ich es nach meinen damaligen Versuchen für wahrscheinlich, dafs eine bessere Methode die Breite der weifsgebenden Strahlen noch mehr beschränken würde, weil ich desto engere Gränzen für sie zu finden glaubte, je strenger ich in meinen Anforderungen an die Reinheit des Weifs war, und je mehr Uebung ich bekam, schwach gefärbte weifsliche Töne als solche zu erkennen.

Eine weitere Untersuchung über diesen Punkt, die ich nach einer anderen Methode angestellt habe, hat mich nun gelehrt, dafs jene letzte Voraussetzung falsch war, und dafs ich hauptsächlich durch eigenthümliche physiologische Verhältnisse des menschlichen Auges bei jener früheren Methode verhindert worden bin, die aufser Indigo und Gelb im Spectrum vorkommenden Complementarfarben als solche zu erkennen.

Die Methode, welche ich zu diesen neueren Untersuchungen in Anwendung gezogen habe, ist derjenigen ähnlich, welche Foucault[1]) beschrieben hat. Sonnenlicht horizontal von dem Spiegel eines Heliostaten *M* Fig. 2 Taf. I. in ein verdunkeltes Zimmer reflectirt, fällt zunächst auf einen schwarzen Schirm *S*, mit einem Spalte, welchen ich im Folgenden den *ersten* Schirm und *ersten* Spalt nennen werde. Die durch den Spalt gegangenen Strahlen fallen in der Entfernung von etwa 10 Fufs auf ein Prisma *P*, welches am vorderen Ende eines Fernrohrs angebracht ist. Zwischen Prisma und Objectivglas befindet sich ein rechteckig ausgeschnittenes Diaphragma *D*, um die neben dem Prisma vorbeigehenden Strahlen zurückzuhalten. Die Ocularglaser des Fernrohrs sind entfernt, und das von der Objectivlinse L_1 nahe ihrem Brennpunkte entworfene und durch das Prisma in ein Spectrum verwandelte Bild des

1) Annal. Bd. LXXXVIII, S. 385. — *Moigno, Cosmos* 1853, *T. II*, *p.* 232.

ersten Spaltes wird hier auf einem *zweiten* Schirm S_2 aufgefangen, der selbst wieder zwei Spalten hat. Die stärkeren Fraunhofer'schen Linien waren in diesem Spectrum sichtbar.

Die Construction des zweiten Schirms mufs ich genauer beschreiben. Er ist in Fig. 1 Taf. I abgebildet. Seine zwei Spalten sollten dazu dienen, dem Lichte von zwei beliebig gewählten Farbenstreifen des Spectrum den Durchgang zu gestatten. Sie mufsten zu dem Zwecke in jede beliebige Entfernung von einander gebracht und jeder für sich beliebig erweitert und verengert werden können, um die Menge des durchgehenden Lichtes zu reguliren. Der Schirm besteht in einer viereckigen Messingplatte $AABB$, die bei C durch einen cylindrischen Stab getragen wird. Dieser Stab verschiebt sich in einer gespaltenen cylindrischen Hülse D, die in der Mitte eines mit drei Stellschrauben versehenen Brettes befestigt ist. Der Schirm kann also mit seinem Träger C auf und nieder geschoben, und in jeder Höhe mittelst des gespaltenen und mit einer Schraube versehenen Ringes E festgestellt werden.

Auf der Messingplatte $AABB$ sind zunächst in schräger Richtung zwei Schlitten beweglich, deren Grundlagen die Messingplatten aa und $\alpha\alpha$ sind. Mit bb, $\beta\beta$, c und c sind die Schienen bezeichnet, zwischen denen sich die Platten verschieben. Die beweglichen Platten werden durch die Schrauben d und δ verstellt. Die Mütter dieser Schrauben sind in die an der grofsen Platte befestigten Messingklötze e und ε eingeschnitten, ihre Enden sind drehbar in den Klötzen g und γ befestigt, welche mit den beweglichen Platten aa und $\alpha\alpha$ fest verbunden sind. Durch Drehung der Schrauben d und δ verschiebt man also die beweglichen Platten parallel den Schienen, zwischen denen sie als Schlitten gehen.

Auf der beweglichen Platte aa ist nun wieder als Schlitten beweglich die Platte f zwischen horizontalen Schienen angebracht, und durch die Schraube m zu verstellen; ebenso auf der Platte $\alpha\alpha$ die Platte φ durch die Schraube μ zu

verstellen. Zwischen den einander zugekehrten Rändern der Platten f und φ liegen noch die beiden dreieckigen ebenso dicken Platten l und λ, jene mit der Platte aa, letztere mit $\alpha\alpha$ fest verbunden. Die einander zugekehrten Ränder von f und l, sowie die von φ und λ sind zugeschärft, und möglichst genau geradlinig und parallel gearbeitet. Zwischen ihnen bleiben die beiden Spalten, welche das Licht durchlassen sollen. Die vorderen Flächen von f, l, λ und φ sind matt versilbert, um das Spectrum deutlich darauf projiciren zu können. Die grofse Messingplatte AA hat natürlich in ihrer Mitte einen Ausschnitt um das Licht, welches die beiden Spalten passirt hat, hindurch zu lassen.

Der Ort, wo das Spectrum entworfen wird, ist durch das helle kleine Rechteck in der Mitte der Figur angedeutet. Verschiebt man nun mittelst der Schrauben d und δ die Schlitten aa und $\alpha\alpha$, so treten andere Farbentöne des Spectrum durch die Spalten. Durch die Schrauben m und μ kann man dagegen die Breite der Spalten, also auch die Menge des durchgelassenen Lichtes beliebig regeln.

Das durch die Spalten getretene Licht trifft nun auf der Rückseite des Schirms zunächst eine zweite achromatische Linse L_2 von kürzerer Brennweite als das Objectivglas des Fernrohrs. Diese entwirft vermittelst der beiden durch den Schirm gegangenen Antheile einfachen farbigen Lichtes auf einem weifsen Papierblatte B ein Bild von der Oeffnung des Diaphragma D, welches sich zwischen dem Prisma und der ersten Linse befindet. Diefs Bild erscheint als ein gleichmäfsig gefärbtes Rechteck, welches, wenn nur durch einen Spalt Licht geht, in der Farbe dieses einfachen Lichtes, wenn durch beide, in der aus den beiden einfachen zusammengesetzten Farben erscheint. Um das Bild scharf, und, worauf hier alles ankommt, gleichmäfsig gefärbt zu erhalten, mufs man verschiedene Vorsichtsmafsregeln beobachten. Die Entfernung des ersten Spaltes von der ersten Linse mufs möglichst grofs seyn, damit das Bild der Lichtquelle, der Sonne, auch

nahehin in die Ebene des Doppelspalts falle, und dadurch die Diffraction des Lichts durch die engen Spalten vermieden werde. Das Prisma und die erste Objectivlinse müssen frei von allen Unreinigkeiten seyn. Bei einzelnen Zusammensetzungen von Farben sind auch die Newton'schen Ringe sehr störend, welche in der dünnen Luftschicht zwischen dem Crown- und Flintglase der ersten achromatischen Linse entstehen, und in dem Farbenfelde mit abgebildet werden. Weil wir es hier mit zwei Bündeln homogener Lichtstrahlen zu thun haben, treten diese Ringe selbst an verhältnifsmäfsig dicken Luftschichten noch auf. Selbst ein Ring von Stanniol, den ich zwischen die beiden Linsen gelegt hatte, um sie von einander zu entfernen, beseitigte die Ringe nicht ganz. Am besten ist es, Balsam zwischen die Linsen zu bringen. Endlich müssen die beiden Spalte nach den Fraunhofer'schen Linien des Spectrums parallel gestellt werden, was durch die Stellschrauben am Fufse des Schirms zu erreichen ist, und die Ebene des Doppelspaltes mufs genau am Orte des von der Linse entworfenen Bildes des ersten Spaltes sich befinden. Ist letztere Bedingung nicht erfüllt, so bekommt das farbige Rechteck an verschiedenen Seiten verschiedene Farbentöne.

Hat man eine Farbenmischung gefunden, welche man für Weifs hält, so ist es rathsam noch von einer andern Stelle des Zimmers her weifses Himmelslicht eindringen und auf weifses Papier fallen zu lassen, um dessen Farbe mit der Mischfarbe zu vergleichen. Man darf auch nicht zu anhaltend auf die Mischfarbe hinsehen, nicht andere glänzende Farben daneben haben, wie ich schon in meinem früheren Aufsatze erwähnt habe.

Den weiteren Auseinandersetzungen schicke ich noch einige Bestimmungen über den Gebrauch der verschiedenen Namen von Farben voraus, um Zweideutigkeiten in dieser Beziehung zu vermeiden.

Violett, nach der Wortbedeutung Farbe der Veilchen (*viola*), gebrauche ich für die Uebergangsstufe des Blau in

Roth, in welcher ersteres überwiegt. Im Spectrum entspricht diesem Farbenton das brechbarere Ende zwischen der Linie *G* und *H* oder *l* (nach Stokes). Ich unterscheide es von *Purpur*, mit dem es im gewöhnlichen Sprachgebrauche zuweilen verwechselt wird, und welche Benennung auch von einigen Autoren geradezu für das brechbarere Ende des Spectrum gebraucht wird, indem ich den Namen des Purpurs nur für die röthlicheren Töne, also die Uebergangsfarben zwischen dem Violett und dem Roth der Enden des Spectrum gebrauchen werde. Mit Weifs gemischt giebt Purpur das Rosenroth. Im *Blau* hat schon Newton zwei Abstufungen unterschieden, *coeruleum* und *indicum*, und aufserdem gebraucht er die Benennung *cyaneum* für blaue Töne, welche dem Grün nahe stehen. Den Namen *Indigblau* für das brechbarere Blau, der einmal in die Wissenschaft eingebürgert ist, werde ich beibehalten. Das weniger brechbare Blau, Newton's *coeruleum*, hat man ohne besondere Bezeichnung als *Blau* oder, wie Grafsmann, als *Himmelblau* dem Indigblau des Spectrum entgegengesetzt. Das Blau des wolkenlosen Himmels mufs aber in der That als weifsliches Indigblau bezeichnet werden. Ich habe es mittelst einer spiegelnden unbelegten Glasplatte [1]) mit reinem Gelb (dem des chromsauren Bleioxyds) gemischt, und gefunden, dafs es wie sein Repräsentant unter den Malerfarben, das Ultramarin, schwach röthliches Weifs als Mischfarbe giebt, während das weniger brechbare Blau schwach grünliches Weifs geben würde. Wir können deshalb die weniger brechbaren blauen Töne des Blau im Spectrum nicht Himmelblau nennen, obgleich sie allerdings bei einer dem Auge bequemen Lichtstärke des Spectrum dem Himmelblau ähnlicher aussehen mögen, als das Indigblau. Das liegt aber nur daran, dafs sie lichtstärker sind, deshalb weifslicher aussehen als das Indigblau, und so dem viel Weifs enthaltenden Himmelblau näher kommen. Ich werde deshalb für das weniger brechbare Blau, für welches ich keine geeignete Be-

1) S. meinen früheren Aufsatz, diese Ann. Bd. LXXXVII, S. 61.

zeichnung in der deutschen Sprache finde, Newton's Namen *cyaneum* anwenden und es *Cyanblau* nennen. Der Name *Cyan* ist in die neueren Naturwissenschaften eingeführt worden mit Beziehung auf die blaue Farbe des Eisencyanürcyanids. Diese Farbe entspricht in der That den weniger brechbaren Tönen des Blau, und erscheint grünlich neben Himmelblau. Im Spectrum nimmt das Blau den Raum zwischen den Linien *F* und *G* ein, so dafs etwa das an *F* stofsende Drittel dieses Raumes als Cyanblau, die anderen zwei Drittel als Indigblau bezeichnet werden können.

Als Repräsentanten des Grün betrachte ich den Farbenton des arsenigsauren Kupferoxyds, im Spectrum die Gegend der Linien *b* und *E*, als den des reinen Gelb, das fein niedergeschlagene chromsaure Bleioxyd, im Spectrum einen Streifen, welcher drei Mal so weit von der Linie *E* als von *D* absteht. Die Gegend der Linie *D* nenne ich *Goldgelb,* indem ich darunter einen Uebergangston zwischen Gelb und Roth verstehe, in welchem ersteres überwiegt. Bei überwiegendem Roth giebt es *Orange*, wie es zwischen den Linien *C* und *D* sich findet. Den Namen *Roth* wende ich nur auf den Farbenton des weniger brechbaren Endes des Spectrum an, nicht auf das Purpur, die Mischungen von Violett oder Blau mit Roth. Dem einfachen äufsersten Roth entspricht der Farbenton des Zinnobers. Der des Carminpulvers nähert sich schon dem Purpur, und mit Carminroth oder Kirschroth kann man die röthlicheren Töne des Purpur bezeichnen.

Nach der vorher beschriebenen Methode ist es nun ziemlich leicht, Weifs aus indigblauem und gelbem Lichte zusammenzusetzen. Es gelingt aber auch, obgleich nicht ganz so leicht mit einer Reihe anderer Farbenpaare, nämlich mit folgenden:

Violett	Grünliches Gelb
Indigblau	Gelb
Cyanblau	Goldgelb
Grünliches Blau	Roth.

Das Grün ist also die einzige einfache Farbe, welche keine einfache Complementarfarbe hat. Um Weifs zu bilden, mufs es mit Purpur d. h. mit mindestens noch zwei anderen Farben Roth und Violett gemischt werden.

Ich sagte vorher, Weifs sey sehr leicht aus Gelb und Indigblau, weniger leicht aus den anderen neu hinzugekommenen Farbenpaaren zusammenzusetzen. Es kommen hier verschiedene Umstände zusammen. Zunächst findet nämlich das Auge bei diesen Farben Schwierigkeiten, sich dauernd für das farbige Feld scharf zu accommodiren. Es treten hier ähnliche Erscheinungen auf, wie sie Dove bei gewissen violetten Gläsern beschrieben hat, welche gleichzeitig rothes und violettes Licht durchlassen. Wegen der Farbenzerstreuung im Auge kann sich dieses nämlich nicht gleichzeitig für beiderlei Arten von Strahlen accommodiren. Entsendet ein leuchtender Punkt gleichzeitig rothes und blaues Licht, und ist das Auge für die Entfernung des Punktes bei rother Beleuchtung accommodirt, so giebt das blaue Licht einen Zerstreuungskreis. Es erscheint dann also ein rother Punkt mit blauem Hofe. Accommodirt sich das Auge für die blaue Beleuchtung, so erscheint ein blauer Punkt im rothen Hofe. Nun ist allerdings auch eine Accommodation des Auges möglich, wobei das rothe und blaue Licht gleich grofse Zerstreuungskreise bilden, also ein kleiner Lichtfleck von der Mischfarbe erscheint, aber wenn man diese Stellung des Auges auch für einzelne Augenblicke findet, so ist es kaum möglich sie dauernd festzuhalten, wenn der Unterschied zwischen der Brechbarkeit der beiden verschiedenen Lichtarten beträchtlich ist. In dieser Beziehung zeichnen sich die complementaren Paare: Indigblau-Gelb und Cyanblau-Goldgelb vor den anderen Paaren dadurch aus, dafs der Unterschied der Brechbarkeit für sie am kleinsten, also auch die Accommodation am leichtesten festzuhalten ist. Bei meiner früheren Methode war das mit der Mischfarbe bedeckte Feld sehr klein, und die Wirkungen der Farbenzerstreuung daher sehr auffallend. Bei der jetzt beschriebenen Methode treten sie weniger

hervor, obgleich man auch hierbei bald die eine, bald die andere Farbe am Rande aufblitzen, und das übrige Feld sich dann sogleich complementar färben sieht. Tritt man in einige Entfernung zurück, so trennen sich die vereinigten Farben ebenfalls, weil wohl die meisten menschlichen Augen für das blaue und violette einfache Licht kurzsichtig sind.

Zweitens war bei einigen Farbenpaaren das Auge höchst empfindlich für Beimischungen von sehr kleinen Mengen der einfachen Farben zu der weifsen Mischung. Namentlich zeigt sich diefs bei Roth und Grünblau. Wenn man das aus diesen beiden gemischte Weifs nicht ziemlich lichtschwach macht, behält es immer ein fleckiges und veränderliches Ansehen. Nicht nur machen sich die kleinsten Ungleichheiten in der objectiven Beleuchtung des Feldes durch Hervortreten einer der beiden Farben sehr bemerklich, sondern auch nach einander erscheint, wohl in Folge von Nachbildern, dieselbe Stelle bald röthlich, bald bläulich. Das Aussehen der Mischfarbe erinnert an den Versuch, wo man mit einem Auge durch ein rothes, mit dem anderen durch ein blaues Glas sieht, und das Gesichtsfeld mit veränderlichen Flecken beider Farben bedeckt erblickt.

Dann veränderte sich auch die Mischfarbe etwas mit dem Orte der Netzhaut der ihr Bild empfing. Schon Purkinje hat darauf aufmerksam gemacht, dafs die Seitentheile der Netzhaut eine andere Empfindlichkeit für Farben haben, als die Stelle des directen Sehens, der gelbe Fleck. Hatte ich Roth und Grünblau so verbunden, dafs das von ihnen gemeinschaftlich beleuchtete Feld so gut als möglich weifs erschien, und eher das Roth überwog, so wurde es sogleich entschieden grün, wenn ich einen neben dem hellen Felde liegenden Punkt des Papiers fixirte. Dasselbe war der Fall, wenn ich das Auge so nahe heranbrachte, dafs das Feld der Mischfarbe einen sehr grofsen Theil des Gesichtsfeldes bedeckte, also aufser dem gelben Flecke auch viele andere Theile der Netzhaut das Bild aufnahmen. Bei diesem Versuche kann die Farbenzerstreuung bei der

Brechung im Auge in der Mitte eines so grofsen Feldes keinen Einflufs haben. Aus der Ferne gesehen, erschien der erleuchtete Fleck dagegen auffallender Weise als ein rosenrother Punkt mit grünblauem Strahlenkreise.

Bei Indigblau-Gelb und Cyanblau-Goldgelb gelingt es meist ein Weifs herzustellen, bei dessen Anblick man in keiner Weise die Art der zusammensetzenden Farben erkennen kann, wenn man sie nicht schon kennt; Violett-Grüngelb läfst schon oft das eine oder andere am Rande hervorscheinen, aber Roth und Grünblau giebt bei einiger Helligkeit immer den Schein, als sähe man an jeder Stelle des Feldes stets beide Farben unvereinigt neben einander. Um zu erkennen, dafs eine Mischfarbe da sey, und dafs diese Weifs sey, mufs man entweder die einfachen Farben unvermischt daneben stellen, oder das Licht schwächen. Beides sind aber allerdings Mittel, welche das Auge unfähiger machen, einen schwachen Grad von Färbung im Weifs wahrzunehmen. Um die beiden Farben unvermischt neben das Weifs zu stellen, braucht man nur das Papierblatt (*B* Fig. 2, Taf. I), auf welchem das gemischte Licht sich darstellt, etwas aus dem Brennpunkte der letzten Linse zu rücken, dann erscheinen an beiden Seiten des weifsen Feldes farbige Ränder. Oder man hält ein dünnes Stäbchen vor das weifse Feld, welches unter diesen Umständen zwei Schatten wirft, einen rothen und einen blauen.

Was die Complementarfarbe des Grün betrifft, so nimmt Hr. Grafsmann an, dafs sie an den äufsersten Enden des Spectrum vorkomme, für gewöhnlich aber sehr lichtschwach sey, und nur unter besonders günstigen Umständen (an heiteren Sommermittagen) zu sehen sey. Er beruft sich dabei auf eine Beobachtung von Hassenfratz [1]), wonach Purpur, wie dieser es nennt, nur zu den genannten Zeiten im Spectrum zu finden sey, des Abends aber der Purpur

1) Ich setze hier voraus, dafs das Citat auf S. 70 seines Aufsatzes, Annalen Bd. LXXXIX, einen Druckfehler enthalte, und es statt: »Bd. 13« vielmehr »Bd 23« heifsen müsse. In Bd. 13, S. 441 ist nichts darauf bezügliches zu finden.

verschwinde, und das Spectrum dadurch kürzer werde. Mit Rücksicht auf die vielen späteren Beobachter, welche das Spectrum zu verschiedenen Tageszeiten untersucht haben, ohne am violetten Ende zu gewissen Zeiten einen Farbenton zu finden, war wohl vorauszusetzen, dafs Hassenfratz hier unter Purpur die Farbe versteht, welche gewöhnlich Violett genannt wird. Dasselbe findet man zuweilen auch bei Newton (wenigstens in der lateinischen Uebersetzung der Optik) und anderen Autoren. Um indessen die Sache aufser Zweifel zu stellen, habe ich die Farbentöne der beiden äufsersten Enden des Spectrum noch einmal untersucht. Zu dem Ende isolirte ich sorgfältig das schwache Licht dieser Gegenden nach einer schon früher [1]) von mir beschriebenen Methode von dem überwiegend helleren der mittleren Theile des Spectrum. Ich entwarf nämlich zunächst mittels eines Prisma und einer Linse ein Spectrum auf einem Schirme. Das Sonnenlicht war vorher nicht durch einen engen Spalt gegangen, sondern ich liefs es durch den Spiegel des Heliostaten geradezu auf das Prisma reflectiren. Der Schirm stand im Brennpunkte der Linse; auf ihm wurde daher gleichsam eine Reihe verschiedenfarbiger Sonnenbilder entworfen, die sich nur theilweise deckten, und so das Spectrum bildeten. Der Schirm hatte einen feinen Spalt, der entweder an das rothe oder violette Ende dieses unreinen Spectrums gestellt wurde, so dafs aufser zerstreutem weifsem Lichte die farbigen Endstrahlen des Spectrum in möglichst grofser Lichtstärke hindurchfielen. Etwa 10 Fufs von diesem Schirme entfernt stand ein zweites Prisma mit einem Fernrohre, durch welches das Spectrum des Spalts betrachtet wurde. Die gewöhnlich sichtbaren Theile dieses Spectrums hatten dann nur geringe Lichtintensität; an seinem einen Ende erschien dagegen ein elliptischer hellerer Fleck (ein verzogenes Bild der Sonnenscheibe) der die gewöhnlich wegen ihrer Lichtschwäche nicht gesehenen äufsersten Strahlen in verhältnifsmäfsig grofser Lichtstärke und Reinheit

1) Diese Ann. Bd. LXXXVI, S. 513.

zeigte. Am rothen Ende sieht man nicht viel jenseits der Linie *A*. Bei geringer Lichtstärke erscheint im ganzen rothen Raume von *A* bis etwa *C* eine Farbe, welche der des Zinnobers ähnlich ist, und mit welcher verglichen die des gepülverten Carmins schon entschieden purpurn erscheint. Bei gröfserer Lichtintensität, wie sie bei *B* erreicht werden kann, nähert sich die Farbe mehr dem Orange, während das Roth in der Nähe von *C*, welches bei schwachem Lichte ganz denselben Farbenton hat, wie das der Gegend von *A*, sich bis zu blendender Stärke steigern läfst und dann gelb erscheint.

Das violette Ende des Spectrum verlängert sich bei Anwendung derselben Methode sehr bedeutend und eine genaue Vergleichung der Liniengruppen mit denen eines auf Chininlösung entworfenen Spectrums, und denen der von Stokes gegebenen Zeichnung [1]) hat mich gelehrt, dafs das menschliche Auge alle die brechbareren Strahlen dieser Gegend noch sehen konnte, welche fähig waren durch die angewendeten Glasmassen hindurch zu gehen. Die äufsersten Streifen, welche ich direct sehen konnte, und welche auch auf Chininlösung projicirt die letzten sichtbaren waren, sind die ersten beiden blässeren Streifen, welche Stokes in seiner Zeichnung unter der Gruppe *p* angemerkt hat. Um die Gruppe *p* überhaupt zu sehen, fordert Stokes eine sorgfältige Anordnung des Apparats und klaren Sonnenschein, und nennt das Licht dieser Gegend sehr schwach. Da die Lichtstrahlen meines Apparats durch zwei Prismen, zwei Objectiv- und zwei Ocularlinsen gehen mufsten, darf es nicht auffallen, dafs die äufsersten Strahlen von Stokes Zeichnung fehlten, sowohl für die Chininlösung als für das Auge. Für diese Lösung war der Weg durch das Glas sogar noch um die Dicke der beiden Ocularlinsen, die weggelassen waren, kürzer. Die von Stokes mit *l*, *m* und *n* bezeichneten Gruppen kann man aber nach dieser Methode sehr leicht in viel reicherem Detail darstellen, als es auf Chininlösungen geschieht,

1) *Phil. Tran*[illegible] [illegible]852. II. Tafel. XXV. Fig. 1. (Ann. Ergzbd. IV, Taf. I. Fi[illegible]

und in der Zeichnung von Stokes abgebildet ist. Ich werde im Folgenden diese brechbarsten Strahlen die *übervioletten* Strahlen nennen, da der Namen der unsichtbaren Strahlen nicht mehr recht pafst, obgleich allerdings zugegeben werden mufs, dafs das Auge von ihnen verhältnifsmäfsig sehr wenig afficirt wird. Ihre objective Intensität ist offenbar nicht so gering, wie sich bei ihrer Wirkung auf fluorescirende Substanzen erweist. Wenn wir ein Spectrum auf gewöhnlichem weifsem Papiere entwerfen, sehen wir von diesen übervioletten Strahlen nichts, weil sie von dem diffusen gewöhnlichen Lichte überstrahlt werden. Entwerfen wir das Spectrum dagegen auf Papier, welches mit Chininlösung durchtränkt ist, so kehrt an ihrer Stelle von den betreffenden Stellen des Spectrum das weniger brechbare Licht des fluorescirenden Chinin zurück, und obgleich die lebendige Kraft der Lichtschwingungen durch den Procefs der Fluorescenz gewifs nicht vermehrt wird, afficirt das durch sie erzeugte Licht von längerer Schwingungsdauer die Netzhaut lebhaft genug, um gesehen zu werden.

Was nun die Farbe des brechbarsten Endes des Spectrum betrifft, so ist zunächst zu bemerken, dafs dieses unter allen seinen Theilen am schnellsten den Farbenton mit der Lichtintensität wechselt, und man mufs hier Farben verschiedener Stellen, die man vergleichen will, nur bei nahe gleicher Lichtintensität beider vergleichen. Dazu giebt die beschriebene Methode eine gute Gelegenheit, da die violetten Strahlen nur dem in den Spalt dringenden diffusen Lichte, die übervioletten directem Sonnenlichte angehören, und sich daher in beiden Partien immer Stellen von gleicher Lichtstärke auffinden lassen. Bei geringer Lichtstärke hat der Raum zwischen den Linien *G* und *H* eine ziemlich gleichmäfsige violette Färbung, die sich auch noch auf die Gegend von Stokes's Gruppe *l* ausdehnt.

Je lichtschwächer das Violett wird, desto mehr bekommt es einen Anflug von Rosa. Steigert sich die Lichtintensität, so wird der Farbenton dem Blau ähnlicher, und ent-

fernt sich immer mehr vom Purpur; er geht dann in ein weifsliches Graublau über. Die übervioletten Strahlen jenseits der Gruppe *l* setzen die Farbenreihe keineswegs nach dem Purpur hin fort, sondern sind wieder indigblau bei geringer Lichtstärke, weifsblau, wo es gelingt sie in gröfserer Lichtstärke zu sehen. Ich habe das überviolette Licht mehreren anderen Personen gezeigt, um nicht durch eine Eigenthümlichkeit meines Auges getäuscht zu werden, und alle bezeichneten die Farbe in der Weise, wie ich angegeben habe. Unter allen diesen brechbaren Farbentönen kommt also lichtschwaches Violett, etwa aus der Gegend der Linie *A* dem Purpur am nächsten; aber auch dieses ist durch einen weiten Zwischenraum in der Farbenreihe von dem äufsersten Roth getrennt. Man kann in meinem Apparate durch Mischung von Violett und Roth eine sehr grofse Anzahl unterscheidbarer purpurner Farbentöne bilden, welche sich alle zwischen die Farben der beiden äufsersten Enden des Spectrum einreihen lassen.

Da sich hier das erste Beispiel einer Umkehr in der Reihe der Farbentöne im Spectrum darzubieten scheint, möchte die Untersuchung des Spectrum von Quarzprismen, welche die brechbareren Strahlen nicht wie Glas absorbiren, für die Physiologie der Farbenempfindungen sehr wichtig seyn. Leider habe ich bis jetzt solche Prismen noch nicht erhalten können.

Ich gehe jetzt über zur Beschreibung einer anderen Reihe von Versuchen, welche zum Zwecke haben, das Verhältnifs der Wellenlängen der complementaren Farben zu ermitteln. Zu dem Ende nahm ich von dem zur Mischung des Lichtes dienenden Apparate den weifsen Schirm (*B* Fig. 2, Taf. I) fort, auf welchem das Farbenbild entworfen wird, nachdem ich ein möglichst gutes Weifs hergestellt hatte, und stellte in der Entfernung von etwa 6 Fufs hinter dem Schirme S_2 mit dem Doppelspalte ein Fernrohr *F* auf, vor dessen Objectivglase eine Glasplatte mit feinen parallelen senkrechten Linien befestigt war. Durch diese sieht man neben den Spalten, durch welche das Licht dringt,

noch eine Reihe von Nebenspectra sich darstellen, deren scheinbare Entfernung von dem Spalte der Wellenlänge des betreffenden Lichts proportional ist. Auf der hinteren Seite des Schirms S_2 war eine Millimetertheilung in horizontaler Richtung angebracht. Es liefs sich nun leicht bestimmen, mit welchen Punkten der Theilung die Mitte der Nebenspectra der verschiedenen farbigen Strahlen zusammenfiel. Die so gemessene Entfernung des ersten rechten vom ersten linken Nebenspectrum einer jeden Farbe war bei übrigens unveränderter Einrichtung des Apparats der Wellenlänge proportional zu setzen. Um nun die absoluten Werthe der Wellenlängen zu bekommen, mafs ich auf dieselbe Weise die Entfernungen der Spectra für verschiedene Fraunhofer'sche Linien, und nahm für deren Wellenlängen die von Fraunhofer gefundenen Werthe, woraus ich dann die der von mir zu Weifs vereinigten Strahlen bestimmen konnte. Die relativen Verhältnisse der Wellenlängen der Fraunhofer'schen Linien stimmten gut mit den von Fraunhofer angegebenen überein; indessen wird die Genauigkeit der hier folgenden Angaben über die Wellenlängen complementarer Farben durch die Schwierigkeit sehr vermindert, die Reinheit des zusammengesetzten Weifs zu beurtheilen. Die Zahlen bezeichnen die Wellenlängen ausgedrückt durch Milliontheile eines Pariser Zolles.

Farbe.	Wellenlänge.	Complementarfarbe.	Wellenlänge.	Verhältnifs der Wellenlängen.
Roth	2425	Grünblau	1818	1,334
Orange	2244	Blau	1809	1,240
Goldgelb	2162	Blau	1793	1,206
Goldgelb	2120	Blau	1781	1,190
Gelb	2095	Indigblau	1716	1,221
Gelb	2085	Indigblau	1706	1,222
Grüngelb	2082	Violett	von 1600 ab	1,301

Im Violett mufsten, seiner Lichtschwäche wegen, die äufsersten Strahlen von der Wellenlänge 1600 ab alle zusammengefast werden. Zur Vergleichung setze ich die

von Fraunhofer für die festen Linien des Spectrum angegebenen Werthe her:

B.	2541
C.	2425
D.	2175
E.	1943
F.	1789
G.	1585
H.	1451.

Nach den gefundenen Zahlen habe ich die Curve Taf. I Fig. 3 construirt, welche die Wellenlänge einer Farbe als Function der Wellenlänge ihrer Complementarfarbe ausdrückt. Es sind auf der horizontalen und verticalen Abscissenaxe die Wellenlängen der Farben aufgetragen, so dafs der Punkt *A* der Wellenlänge 1500 entspricht. Die Curve hat zwei congruente Arme $\alpha_0 \beta_0 \gamma_0$ und $\alpha_1 \beta_1 \gamma_1$, deren jeder mit beiden Enden asymptotisch in eine den Abscissenaxen parallele gerade Linie auszulaufen scheint. Die Kreuzchen auf und neben den Curven entsprechen genau den einzelnen Beobachtungen. Die Curve habe ich zwischen ihnen so gezeichnet, dafs sie ihnen möglichst nahe blieb und eine continuirliche Krümmung bekam.

Auffallend ist die Vertheilung der complementaren Farben im Spectrum. Während das äufserste Roth und Goldgelb einen beträchtlichen Raum zwischen sich haben, liegen ihre Complemente grünliches Blau und Cyanblau ganz dicht neben einander. Ebenso nehmen das äufserste Violett und Indigo einen sehr breiten Raum im Spectrum ein, während ihre Complemente grünliches Gelb und Gelb äufserst schmale Streifen sind. Auch die Betrachtung der Curven für die Wellenlängen der complementaren Farben lehrt diefs. Wenn man auf der horizontalen Abscissenlinie vom Violett zum Roth fortschreitet, ändert sich die Wellenlänge der Complementarfarbe anfangs äufserst langsam, wenn man zu den helleren und grünlichen blauen Tönen gekommen ist, dagegen äufsert schnell. Das letztere ist ebenso im Gelb der Fall, während am rothen Ende die Aenderung wieder

äu-

äufserst langsam wird. Damit hängt zusammen, dafs sich in dem breiten Raume vom Ende des Roth bis zur Linie *C* der Ton des Rothen kaum merklich ändert, ebenso wenig der Ton des Violetten von der Linie *G* bis nach *l* hin. Auch im Orange und Blau ändert sich der Ton langsam, aber doch schon viel merkbarer. An der Gränze von Gelb und Grün einerseits und Blau und Grün andrerseits sind dagegen die Uebergänge so schnell, dafs sie ganz zu fehlen scheinen, wenn man ein reines Spectrum ohne starke Vergröfserung betrachtet, und hier vielmehr Grün unmittelbar an röthliches Orange und Himmelblau anzustofsen scheint. Man erstaunt über den aufserordentlichen Reichthum prachtvoller Farbentöne, welchen diese Gegenden des Spectrum entfalten, wenn man durch eine der beiden Spalten des von mir construirten Schirms einfaches Licht dieser Theile gehen läfst, und den Spalt dann langsam verschiebt.

Daraus ergiebt sich ein neuer Grund, warum die Complementarfarben des Roth und Violett in den gekreuzten Farbenstreifen des Spectrum eines *V*förmigen Spaltes bei meinen früheren Versuchen nicht zu entdecken waren. Diese Complementarfarben bilden nämlich aufserordentlich schmale Streifen, zu deren Entdeckung die frühere Methode nicht ausreichte.

Indigblau und Gelb haben daher mancherlei Vorzüge vor den übrigen Paaren von Complementarfarben: geringere Empfindlichkeit des Auges für schwache Einmischungen beider in das Weifs, geringen Unterschied ihrer Brechbarkeit im Auge, hinreichende Breite der Farbenbänder im Spectrum. Alles diefs erklärt, dafs, nachdem es Newton überhaupt nicht gelungen war, Weifs aus nur zwei einfachen Farben zusammenzusetzen, zunächst eine einfachere Methode genügte, es mittelst Indigblau und Gelb zu erreichen, während eine mühsamere und complicirtere Vorrichtung für die übrigen Farben sich nothwendig zeigte.

Die Tafel, welche oben für die Wellenlängen der Complementarfarben gegeben ist, enthält in ihrer letzten Columne auch das Verhältnifs der beiden Wellenlängen zu

einander. Sie zeigt, dafs es nicht constant ist; es schwankt zwischen dem der Quarte 1,333 und dem der kleinen Terz 1,20. Es ist am kleinsten für Goldgelb und Cyanblau.

Endlich habe ich auch einige Versuche angestellt, um die Intensitätsverhältnisse zu ermitteln, welche complementare einfache Farben haben müssen, wenn sie gemischt Weifs geben sollen. Vielleicht würde die Voraussetzung sehr annehmbar erscheinen, dafs zwei solche Farben gleich lichtstark seyn müfsten, um Weifs zu geben, weil man gewöhnt ist, die einfachen Farben als die gesättigtesten gleichmäfsig dem Weifs gegenüberzustellen. Diese Voraussetzung ist aber keineswegs richtig. Es fiel mir diefs zuerst bei der Mischung von Violett und Indigo mit ihren Complementarfarben auf. Die genannten beiden Farben sind nämlich bei gewöhnlicher mittlerer Helligkeit des gemischten Weifs auffallend lichtschwach, verglichen mit der Menge gelbgrünen oder gelben Lichts, welche nöthig ist, um mit ihnen Weifs zu geben. Ziemlich gleich hell erscheinen dagegen Orange und Cyanblau. Bei der richtigen Mischung von Roth mit Grünblau ist wiederum das erstere schwächer als das letztere. Um sich von diesen Verhältnissen zu überzeugen, ist es am bequemsten, ein dünnes Stäbchen vor das Feld zu halten, welches von dem gemischten Lichte erleuchtet wird. Das Stäbchen wirft dann zwei farbige Schatten, in denen die beiden einfachen Farben sich einzeln, und in der ihnen zukommenden Lichtstärke darstellen. Vor einem Felde, dessen Weifs aus Violett und Gelbgrün gemischt ist, erscheint zum Beispiel der violette Schatten sehr dunkel und scharf gezeichnet, der gelbgrüne dagegen sehr schwach, fast nur durch die Färbung kaum durch die Helligkeit von dem weifsen Grunde unterschieden.

Ich habe auch versucht, das Verhältnifs der Helligkeit complementarer Mengen von verschiedenen einfachen Farben wenigstens annähernd in Zahlen auszudrücken. Zu dem Ende setzte ich erst Weifs aus zwei Farben zusammen, und mafs mikroskopisch die Breite des Spalts, durch welche

die hellere der beiden Farben drang. Dann verengte ich diesen Spalt, bis ein vor das Feld der Mischfarbe gehaltenes Stäbchen zwei gleich dunkle farbige Schatten entwarf, und mafs wieder die Breite des Spalts. Die Lichtmenge der betreffenden Farbe war dann in demselben Verhältnisse verringert, wie die Breite des Spalts. Das Verhältnifs der beiden gemessenen Breiten ergab also wenigstens annähernd das Verhältnifs der Helligkeit beider Farben im Weifs.

Ich erhielt übrigens ziemlich verschiedene Ziffern, wenn die absolute Lichtstärke der Farben verschieden war, wie sich diefs nach Dove's Versuchen über die Unterschiede in der Helligkeit von Pigmentfarben bei verschieden starker Erleuchtung erwarten liefs. Zwei farbige Lichtmengen, welche bei einer gewissen absoluten Lichtintensität gleich hell erscheinen, thun es im allgemeinen nicht mehr, wenn die Lichtmengen beider verdoppelt oder halbirt werden. Und zwar wird im ersteren Falle die minder brechbare der beiden Farben, im letzteren die brechbarere die hellere werden.

Ich fand deshalb folgende verschiedene Verhältnisse der Helligkeit complementarer Mengen:

	bei starkem Licht.	bei schwachem Licht.
Violett zu Grüngelb	1 : 10	1 : 5
Indigo zu Gelb	1 : 4	1 : 3
Cyanblau zu Orange	1 : 1	1 : 1
Grünblau zu Roth	1 : 0,44.	

Die erwähnte von Dove aufgefundene Erscheinung liefs sich bei meinen Versuchen an den homogenen Farben sehr gut beobachten. Ich liefs zwei farbige Lichtmengen durch die Spalten des Schirms in solcher Menge dringen, dafs sie gleich dunkle Schatten warfen, und brachte zwischen den Heliostaten und den ersten Spalt eine einfache oder mehrfache Lage eines dünnen weifsen Gewebes, welches einen Theil des Sonnenlichts zurückhält, ohne das Verhältnifs seiner verschiedenartigen Bestandtheile zu ver-

ändern. Es erschien dann der Schatten der minder brechbaren Farben dunkler als der der brechbareren. Uebrigens waren die Unterschiede sehr gering, so lange ich beide Farben aus der minder brechbaren Hälfte des Spectrum, Roth bis Grünblau, nahm, viel auffallender zwischen denen der brechbareren Hälfte, und am stärksten, wenn man Violett mit einer der minder brechbaren Farben verband.

Unter diesen Verhältnissen mag es auffallend erscheinen, dafs der Farbenton der Mischfarben, wie ich gefunden habe, sich so gut wie gar nicht zu ändern scheint, wenn die Lichtmenge vermehrt oder vermindert, das Verhältnifs der gemischten Lichter zu einander aber nicht geändert wird. Setzte ich mittelst meines Apparates zwei Complementarfarben zu Weifs zusammen, und schwächte das einfallende Sonnenlicht durch Einschaltung eines weifsen dünnen Gewebes, so konnte ich nie mit Entschiedenheit beobachten, dafs das Weifs sich gefärbt hätte. Natürlich ist hierbei zu bedenken, dafs überhaupt die Unterscheidung der Färbung bei sehr geringer Helligkeit, ebenso wie andererseits bei zu grofser, unvollkommen ist. Indessen ist dieser Umstand doch nicht ganz hinreichend zur Erklärung, namentlich für die Farbenpaare Violett Grüngelb und Indigblau Gelb, wo das Verhältnifs der Helligkeit schon bei geringen Aenderungen der absoluten Lichtmenge sich beträchtlich ändert. Innerhalb solcher Grade von Helligkeit, in denen Unterscheidung der Farbentöne noch sehr wohl möglich ist, kann sich das Verhältnifs der Helligkeit des Grüngelb zum Violett, wie die obige Messungsreihe zeigt, etwa um das zweifache ändern, und doch erscheint die Mischung bei gröfserer Lichtstärke nicht grüngelb, bei geringerer nicht violett, sondern immer weifs. Ich vermuthe, dafs der hauptsächlichste Grund davon darin liegt, dafs wir bei allen Graden der Helligkeit die Farbe des Sonnenlichts als das normale Weifs betrachten, und wenn in den künstlichen Farbenmischungen die blauen Farben bei geringer, die gelben bei gröfserer Lichtstärke überwiegen, dasselbe auch im Sonnen-

lichte der Fall seyn mufs. Darin liegt auch wohl die wissenschaftliche Rechtfertigung für die Sitte der Landschaftsmaler, welche hellen Sonnenschein durch gelbe, Mondschein durch blaue Farbentöne wiederzugeben pflegen. Uebrigens mufs bei dem Versuche die besprochene Erscheinung zu erklären, wahrscheinlich auch noch berücksichtigt werden, dafs die einfachen Farben selbst bei verschiedener Lichtstärke verschiedenen Farbenton zeigen.

Wir müssen nach den obigen Messungen der Helligkeit der zu Weifs gemischten Farben, den verschiedenen einfachen Farben eine verschiedene Sättigung der Färbung zuschreiben. Violett ist am meisten gesättigt; die andern Farben folgen ungefähr in folgender Reihe

Violett
Indigblau
Roth Cyanblau
Orange Grün
Gelb.

Es zeigt sich diefs übrigens auch in anderen Zusammensetzungen, wo nicht gerade Weifs gebildet wird. So giebt Roth mit gleich hellem Grün gemischt ein röthliches Orange, Violett mit gleich hellem Grün ein dem Violett nahe stehendes Indigblau. Dagegen geben Farben von ungefähr gleicher Sättigung und von gleicher Helligkeit mit einander gemischt auch Mischfarben, die von ihren beiden Constituenten ungefähr um gleichviel verschieden sind.

Schliefslich noch einige Bemerkungen über Newton's Theorie der Farbenmischung, die er in der Construction des Farbenkreises niedergelegt kat. Das Wesentliche von Newton's Verfahren ist offenbar, dafs die einfachen und zusammengesetzten Farben in einer gewissen Weise in einer Ebene vertheilt gedacht werden, dafs man ihre Helligkeit durch entsprechende Gewichte darstellt, und dann die Mischfarbe der gegebenen Farben in dem Schwerpunkte dieser Gewichte findet. Diese Methode, das System der Farben darzustellen, ist vielleicht einer der sinnreichsten Einfälle des grofsen Denkers, und drückt die vorliegenden

Erfahrungen, — die aber freilich noch nicht geeignet sind einen strengen Beweis für die Richtigkeit jener Regel zu liefern — genügend aus. Newton selbst sagt darüber: *Hanc quidem regulam satis accuratam esse existimo ad experimenta agenda, quamvis non sit mathematice accurata.* Meine früheren Versuche hatten einige Ergebnisse geliefert, die auch den angegebenen allgemeinen Grundlagen der Newton'schen Regel widersprochen haben würden. Diese Widersprüche sind durch die mit besseren Hülfsmitteln erneute Untersuchung entfernt worden. Jedenfalls ist aber die Anordnung der einfachen Farben in der Ebene wesentlichen Aenderungen zu unterwerfen. Newton begnügt sich damit einen Kreis aus ihnen zu bilden, indem er die Enden des Spectrum an einander legt, und den einzelnen Farbenstreifen dieselbe Breite giebt, die sie im Spectrum seiner Glasprismen haben, und auf deren Analogie mit den musikalischen Intervallen er ein grofses Gewicht legte. Indessen ist es klar, dafs erstens die Reihe der einfachen Farben in dem Farbenfelde keine geschlossene Curve bilden kann, indem die Farbentöne des äufsersten Violett und Roth nicht continuirlich in einander übergehen, zwischen diesen Endfarben vielmehr Raum bleiben mufs für die mannigfachen Farbentöne des Purpur, und diese sind dem Principe von Newton's Construction entsprechend auf einer geraden Linie zwischen dem äufsersten Violett und Roth anzubringen. Macht man das Weifs zum Mittelpunkte von Polarcoordinaten, so müssen die purpurnen Töne einen ebenso grofsen Winkel ausfüllen, wie auf der anderen Seite die verschiedenen Töne des Grün, vom grünlichen Gelb bis zum grünlichen Blau. Newton selbst sagt (*Optice. Liber I, Pars II, Propos. IV*): *Denique si ruber et violaceus (color) inter se permisceantur, orientur inde varii colores purpurei, pro eo, qua proportione illi invicem commixti fuerint, diversi inter se, neque ullius coloris homogenei speciem aut similitudinem habentes.* Um die purpurnen Mischfarben auf dem Farbenkreise anzubringen, mufs er aber etwas von der Regel abweichen,

die er für die übrigen Farben giebt. Während er nämlich sonst vorschreibt, die Mischfarbe werde den Ton haben, wie der am Ende desselben Radius liegende Theil des Spectrum, läfst er die auf die Trennungslinie des äufsersten Violett und Roth oder nahe zu beiden Seiten derselben fallenden Mischfarben purpurn seyn, also weder dem äufsersten Roth noch dem äufsersten Violett entsprechen, worauf er noch ausdrücklich aufmerksam macht. Hier zeigt es sich also, dafs er einen gewissen Raum an dieser Stelle den purpurnen Tönen einräumen mufs. Hr. Grafsmann läfst ebenfalls Roth und Violett sich an einander schliefsen, indem er auf die schon vorher besprochene Stelle von Hassenfratz sich beruft, wonach unter günstigen Witterungsverhältnissen das Spectrum auch Purpur enthalten soll.

Zweitens zeigen meine Versuche, dafs das Verhältnifs der Winkel, welche die einzelnen Farben auf der Farbenscheibe einzunehmen haben, ganz anders seyn mufs, als das ihrer Breite im prismatischen oder Interferenzspectrum. Denn in beiden Spectren nehmen die Endfarben breite Räume ein, worin sich der Farbenton kaum merklich ändert, während ihre Complementarfarben sehr dicht zusammengedrängt sind. Dafs in Newton's Farbenkreise die Endfarben zu breit sind, corrigirt übrigens den andern Fehler, dafs kein Platz für den Purpur ist, in Beziehung auf die Resultate der Farbenmischungen, einigermafsen.

Endlich scheint es mir sehr zweifelhaft, ob die Curve, in welche die einfachen Farben zu bringen sind, da sie überhaupt nicht einmal eine geschlossene ist, ein Kreisbogen seyn sollte. Newton hat den Kreis offenbar gewählt, weil ihm keine Verschiedenheit in der Beziehung der einfachen Farben zum Weifs bekannt war. In meinen Versuchen über die Mengenverhältnisse der zu mischenden Farben zeigen sich aber sehr beträchtliche Abweichungen, und wenn wir die Einheiten der Helligkeit verschiedener Farben nach den unmittelbaren Angaben unseres Auges festsetzen, ist es klar, dafs Roth etwa zweimal so weit

vom Weifs entfernt seyn müsse, als Grünblau, Violett fünf bis zehn Mal so weit als Grüngelb, dafs also die Curve kein Kreis seyn könne.

Diese Behauptung scheint im Widerspruche zu seyn mit der Entwickelung, welche Grafsmann[1]) von den Principien des Newton'schen Farbenkreises gegeben hat. Hr. Grafsmann leitet nämlich dort aus denselben vier Grundsätzen, welche nothwendig und zureichend erscheinen, um das Problem, die Mischfarbe zu suchen, auf die Construction eines Schwerpunkts zurückzuführen, auch gleichzeitig die Nothwendigkeit ab, dafs die homogenen Farben in einem Kreisbogen liegen. Der scheinbare Widerspruch erklärt sich hier aus dem verschiedenen Sinne, den man diesen Grundsätzen beilegen kann. Die vier Grundsätze, welche nach Grafsmann nothwendig und genügend sind, um Newton's Methode in ihren wesentlichen Zügen zu rechtfertigen, sind:

1) Jede zusammengesetzte Farbe kann nachgeahmt werden durch Mischung einer homogenen (oder aus Violett und Roth gemischten purpurnen) Farbe mit Weifs.

2) Wenn von zwei zu vermischenden Lichtern das eine sich stetig ändert, ändert sich auch der Eindruck der Mischung stetig.

3) Gleich aussehende Farben gemischt geben gleich aussehende Mischungen.

4) Die Lichtintensität der Mischung ist die Summe aus den Intensitäten der gemischten Lichter.

Dieser vierte Satz kann in dreierlei wesentlich verschiedenem Sinne gebraucht werden, je nachdem man die Methode die Intensität zu messen festsetzt. Erstens könnte man nämlich die Lichtintensitäten verschiedener Farben gleich nennen, wenn sie dem Auge gleich hell erscheinen; dann würden die homogenen Farben in dem Farbenfelde jedenfalls keinen Kreis bilden, wie eben erörtert ist. Zweitens könnte man die Festsetzung der Mengeneinheiten des verschieden farbigen Lichts für willkührlich erklären, und

1) Diese Annalen Bd. LXXXIX. S. 78 bis 84.

den Grundsatz in dem Sinne nehmen, dafs es eine Art die Einheiten festzusetzen gebe, bei welcher stets die Lichtintensität der Mischung gleich sey der Summe der gemischten Lichter. Legt man dem Satze diesen Sinn unter, so ergiebt eine weitere Untersuchung, dafs dreien Farben, aber nicht mehreren, ein willkührlicher Ort im Farbenfelde, und eine willkührliche Einheit der Lichtintensität beigelegt werden könne, dafs dann der Ort und die Einheit der Intensität für alle anderen, namentlich auch für alle homogenen Farben bestimmt sey, wobei nicht vorauszusehen ist, welche Curve diese bilden mögen.

Der Beweis ist leicht zu führen. Die drei willkührlich gewählten Farben (einfache oder zusammengesetzte), von denen aber keine aus den beiden anderen durch Mischung zu erzeugen seyn darf, setze man in drei beliebig gewählte Punkte *A*, *B*, *C*, Fig. 4 Taf. I, welche aber nicht in einer gerade Linie liegen dürfen, und bestimme die Einheiten der Lichtintensität willkührlich. Mischen wir jetzt die Quantität α der Farbe *A*, die Quantität β der Farbe *B*, und die Quantität γ der Farbe *C*, und giebt diefs die Qantität δ einer Mischfarbe, so mufs nach unserem Grundsatze gesetzt werden:

$$\delta = \alpha + \beta + \gamma;$$

also wird die Einheit der Lichtintensität der Mischfarbe zu setzen seyn gleich:

$$\frac{\delta}{\alpha + \beta + \gamma} = 1.$$

Ihr Ort ist nach Newton's Constructionsregel der Schwerpunkt der mit den Massen α, β, γ beziehlich versehenen Punkte *A*, *B*, *C*. Es sey diefs der Punkt *M*. Es sind also Ort und Mengeneinheit für jede aus den drei Farben mischbare neue Farbe gegeben.

Um den Ort einer aus den drei Farben *A*, *B*, *C* nicht mischbaren Farbe zu bestimmen, welche also aufserhalb des Dreiecks *ABC* liegen wird, mische man eine Quantität ε dieser Farbe mit der Farbe, die im Punkte *M* des Farbenfeldes liegt. Es wird stets möglich seyn, die Qantität ε

klein genug zu machen, dafs durch Mischung eine andere Farbe erzeugt wird, die noch innerhalb des Dreiecks *ABC* liegt. Die Quantität dieser aus δ und ε zusammengesetzten Farbe sey δ_1, ihr Ort der Punkt M_1. Nach dem vierten Grundsatze müssen wir setzen

$$\varepsilon = \delta_1 - \delta$$

also die Einheit der neuen Farbe gleich $\frac{\varepsilon}{\delta_1 - \delta}$. Ihr Ort sey der Punkt E, dessen Lage dadurch bestimmt ist, dafs M_1 der Schwerpunkt der Masse δ des Punktes M, und der Masse ε des Punktes E seyn mufs. Es mufs also E in der Verlängerung der Linie MM_1 liegen und ferner mufs seyn

$$\delta . MM_1 = (\delta_1 - \delta) EM_1.$$

So ergiebt sich also, dafs nach Feststellung der Orte und der Intensitätseinheiten der Farben *A*, *B*, *C* die Orte und Intensitätseinheiten aller übrigen Farben des Farbenfeldes festgesetzt sind.

Es läfst sich ferner leicht nachweisen, dafs, die Richtigkeit der genannten vier Grundsätze vorausgesetzt, die so gewonnene Anordnung der Farben die Construction der Mischfarben nach Newton's Methode erlaubt. Da dieser Beweis aber für den Zweck der vorliegenden Erörterung unnöthig ist, übergehe ich ihn hier.

Was die Curve der homogenen Farben betrifft, welche das so construirte Farbenfeld an einer Seite begränzen würde, so läfst sich über deren Natur nichts schliefsen. Sie ist fest bestimmt, sobald die Orte und Mengeneinheiten für die ersten drei Farben festgesetzt sind. Von diesen sechs Bestimmungsstücken bleiben zwei, nämlich eine Lineardimension und eine Einheit der Lichtintensität, unter allen Verhältnissen willkührlich; es sind also im Allgemeinen vier Parameter der bezeichneten Curve veränderlich, aber diefs genügt natürlich nicht in allen Fällen, um eine andere Curve in einen Kreis verwandeln zu können. Die nähere Untersuchung zeigt, dafs nur elliptische Bögen durch entsprechende Veränderung der Parameter in Kreisbögen ver-

wandelt werden können, und dafs dann jede beliebige gemischte Farbe, also auch Weifs, in das Centrum des Kreises gebracht werden kann.

So viel über die zweite Auslegungsweise des vierten Grundsatzes. Die dritte endlich ist die, dafs man schon eine Weise, die Intensitäten verschiedenfarbigen Lichts vergleichend zu messen, festgestellt habe, und man voraussetze, der genannte Grundsatz sey auch für diese bestimmte Art, die Intensitäten zu berechnen, richtig. So ist Grafsmann verfahren. Dadurch wird natürlich vielmehr hypothetisch angenommen als bei der zweiten Interpretation des vierten Grundsatzes, so dafs in diesem Falle es auch möglich wird, Schlüsse auf die Form der Curve der homogenen Farben zu thun. Bei den Annahmen, die Hr. Grafsmann gewählt hat, wird diese ein Kreis mit Weifs im Mittelpunkte. Die Festsetzung seiner Maafseinheiten hat er übrigens nicht durch ein allgemeines Princip zu rechtfertigen gesucht, sondern sie ist offenbar nur aus der Voraussetzung hervorgegangen, dafs die Curve der homogenen Farben ein Kreis werden müsse.

Vorläufig scheint mir die letztere Voraussetzung nicht hinreichend gerechtfertigt zu seyn, selbst wenn die wesentlichen Grundlagen von Newton's Methode, die Mischfarben durch Construction zu finden, beibehalten werden können. Wenn wir durch das Auge direct die Helligkeit verschiedener Farben vergleichen lassen, würde das Farbenfeld ungefähr die Form annehmen, welche in Fig. 5 Taf. I schematisch dargestellt ist. Die Entfernungen der Farben vom Weifs entsprechen hier ihren Sättigungsverhältnissen bei schwächerem Lichte. Nach den beiden Enden des Spectrum hin geben benachbarte Farben Mischungen vom Tone der zwischenliegenden Farbe und ziemlich gesättigter Färbung. Dort habe ich die Curve deshalb wenig gekrümmt. In der Gegend des Grün geben Töne, die wenig von einander verschieden sind, z. B Grüngelb und Grünblau, schon ziemlich weifsliche Mischungen, dem entspricht die stärkere Krümmung der Curve. Dafs aus Roth und Indigo nur

weifsliches Violett, aus Violett und Orange nur weifsliches Roth gewonnen wird, wie ich in meinem früheren Aufsatze erwähnte, ergiebt die Zeichnung ebenfalls. Dafs gleiche Theile Grün und Roth Orange, gleiche Theile Grün und Violett Indigblau geben, geht ebenfalls daraus hervor. Natürlich sind die meisten Verhältnisse dieser Zeichnung nur nach Gutdünken gewählt, und kann dieselbe keinerlei Anspruch auf Genauigkeit machen.

II. *Beiträge zur näheren Kenntnifs des Wesens der sogenannten Coërcitivkraft; von Plücker.*

---

1. In meiner früheren Abhandlung [1]) habe ich nachgewiesen, dafs der Magnetismus, welcher durch (paramagnetische oder diamagnetische) Induction in den verschiedenen Substanzen hervorgerufen wird, nicht der inducirenden Kraft proportional ist, sondern in jeder einzelnen Substanz nach einem besonderen Gesetze einem Maximum, dem Sättigungspunkte, sich nähert. Ich habe auf empirischem Wege gezeigt, dafs für jede der von mir untersuchten Substanzen der inducirte Magnetismus, nachdem die Einheit der inducirenden Kraft angenommen, sich durch Hülfe zweier von einander unabhängigen Constanten bestimmen läfst. Die eine dieser beiden Constanten habe ich *Inductions-* die andere *Widerstands-Constante* genannt. Wenn sich für eine Substanz ergeben sollte, dafs die Widerstands-Constante Null wäre, so würde für diese Substanz der inducirte Magnetismus der inducirenden Kraft proportional wachsen und dann die Empfänglichkeit derselben für Magnetismus blofs durch die Inductions-Constante angezeigt

1) Ueber das Gesetz der Induction bei paramagnetischen und diamagnetischen Substanzen. Annal. Bd. XCI. S. 1 bis 56.

werden. Der inducirte Magnetismus der von mir untersuchten Substanzen (Nickel, Kobalt, Eisen, Eisenoxyd, Nickeloxyd, Wismuth, Phosphor, Sauerstoffgas, Kobaltoxydhydrat) bleibt aber immer, und zwar in sehr verschiedenem Maafse, hinter jener Proportionalität zurück, um so mehr je gröfser die Widerstands-Constante, der *Widerstand* ist. Die wenigen Bestimmungen, welche bereits vorliegen, liefsen es mir als wahrscheinlich erscheinen, dafs für diejenigen Substanzen, welche, nachdem die inducirende Kraft, der sie ausgesetzt waren, aufgehört hat auf sie zu wirken, einen namhaften Theil des in ihnen hervorgerufenen Magnetismus festhalten, die Widerstands-Constante verhältnifsmäfsig klein ist, in der Art, dafs der Magnetismus solcher Substanzen, wenn die inducirende Kraft wächst, rascher zunimmt und langsamer dem Sättigungspunkte sich nähert [1]). Was gehärteten Stahl im Vergleich mit weichem Eisen betrifft, so konnte ich an der Richtigkeit dieser Behauptung im Allgemeinen nicht zweifeln. Es war dieselbe durch einen einfachen Versuch, dessen ich schon vor einer Reihe von Jahren erwähnte, nachgewiesen; dadurch nämlich, dafs zwei in ihrer Mitte kreuzweise verbundene Stäbe, ein dickerer von Stahl, ein dünnerer von Eisen, so aufgehängt, dafs sie in der Horizontal-Ebene frei schwingen können, dann, wenn sie allmälig einem stärkeren Magnetpole genähert werden, anfänglich nach der Axe des Eisenstabes, später nach der Axe des Stahlstabes sich richten. Nur fehlten Zahlen, die ich aus diesem Versuche nicht ableiten konnte. Die in der angeführten Abhandlung von mir untersuchten festen Körper hatten sämmtlich die Pulverform. Es schien mir daher sehr wünschenswerth, in einer anderen Weise, welche gestattete Eisen und Stahl in massiver Form zu untersuchen, die obige Frage zur directen Entscheidung zu bringen [2]).

1) Citirte Abhandlung S. 54.

2) Wie früher vielfach, so ist auch neuerdings noch — ich denke ohne mein Verschulden — meine Auffassungsweise mifsverstanden worden. Die Schlufsstelle eines ausführlichen Auszuges, durch welche der Her-

2. Ich liefs zu diesem Ende einen Eisenknopf (*A*) und drei Stahlknöpfe (*B, C, D*) von möglichst übereinstimmender Form und Gröfse anfertigen, die letzten drei möglichst stark härten, dann den ersten derselben (*B*) blau, den zweiten (*C*) gelb anlaufen, während der dritte (*D*) seine vollständige Härtung behielt. Diese drei Knöpfe waren aus demselben vorher genau abgedrehten Stabe vom feinsten englischen Stahle geschnitten und an einem Ende genau halbkugelförmig abgerundet und polirt. Ihre Dicke

ausgeber des *Institut* wohlwollend den Inhalt meiner oben citirten Abhandlung zur weiteren Verbreitnng gebracht hat, lautet:

»*Mr. Plücker incline a penser que les substances retiennent d'autant plus facilement le magnétisme acquis, qu'elles opposent moins de résistance à l'aimantation. Quand on considère les deux substances les plus magnétiques, telles que le fer et l'acier, cette opinion parait peu probable; car le fer s'aimante plus rapidement que l'acier et il perd aussi plus rapidement son fluide quand l'aimantation cesse.*« 22. *Mars*, 1854.

Das Mifsverständnifs beruht anf der Bedeutung, welche dem Worte »Widerstand« untergelegt wird. Das Wort hat, an und für sich, *keine* Bedeutung, weil wir das Wesen der magnetischen Erregung nicht kennen: es bedarf einer Definition. Nehmen wir in Körpern, die eine stärkere Coërcitivkraft haben, einen Widerstand an, der überwunden werden mnfs, bevor die magnetische Erregung eintritt — eine Voraussetzung, deren Unstatthaftigkeit ich vollständig nachgewiesen zu haben glaube — so mnfs auch im Stahle ein gröfserer Widerstand als im Eisen angenommen werden, nm die Thatsache zn erklären, dafs, bei wachsender Induction, der Magnetismus im Stahle in rascherem Verhältnisse als im Eisen wächst. Ich habe früher selbst mich in diesem Sinne ausgedrückt, aber bei näherem Eingehen in den Gegenstand, diese Ausdrucksweise, um dieselbe Thatsache zu erklären, geradezu umkehren müssen. (Vergl. die 24. Nummer der cit. Abhandl.) In Substanzen, die mit einer stärkeren Coërcitivkraft begabt sind, scheint, was nachzuweisen ist, die Widerstands-Constante geringer zu seyn, das heifst, es scheint sich in diesen Substanzen der Proportionalität der Zunahme des Magnetismus mit der Zunahme der indncirenden Kraft weniger Widerstand entgegen zu setzen. Hiermit ist also keinesweges gesagt, dafs in Substanzen, die nur schwachen Magnetismns annehmen, darum der Widerstand grofs ist. Wollte man aber dennoch in diesem Sinne den Widerstand auffassen und definiren, so wäre dadurch nichts gewonnen, weil Widerstand dann nichts anderes bedeutete als der reciproke Werth des inducirten Magnetismus.

betrug 8^{mm}, ihre Länge, mit Ausschlufs des am anderen Ende befindlichen, mit einer zum Behuf der Aufhängung versehenen kleinen Oeffnung, 14^{mm}, ihr Gewicht ungefähr $6^{grm},3$. Aus demselben Stahlstabe wurden noch kleinere Stäbe *E* geschnitten, 53^{mm} lang, an beiden Enden ebenfalls genau halbkugelförmig abgerundet und gehärtet. Der Eisenknopf (*A*) wurde aus einem Stabe weichen Eisens von gleicher Dicke genommen und aus demselben Eisenstabe wiederum ein kleinerer den eben erwähnten Stahlstäben *E* an Länge und Form gleicher Eisenstab *F* geschnitten.

3. Es wurden fünf Reihen von Abwägungen vorgenommen, um die Gewichte zu bestimmen, welche nothwendig waren um die verschiedenen Knöpfe, bei gleicher Aufhängung, von inducirenden Magnetpolen, die verschieden stark waren, abzuziehen. Für die drei ersten Reihen von Abwägungen wurden drei der Stahlstäbe *E* genommen und mit Sorgfalt verschieden stark magnetisirt. Dann wurden diese Stäbe nach einander in einem Fufse durch Schräubchen in senkrechter Stellung befestigt und hierauf die verschiedenen Knöpfe nach einander an einem Balken einer Waage gleichmäfsig aufgehängt, aequilibrirt und durch allmälige Belastung des anderen Balkens von dem oberen Pole des jedesmaligen magnetisirten Stahlstabes, den er nur in einem Punkte berührte, abgezogen. Bei der ersten Reihe von Abwägungen, bei welcher die Knöpfe von dem schwächsten Pole abgezogen wurden, bediente ich mich der feinen Geifsler'schen Glaswaage und das zum Abziehen erforderliche Gewicht wurde durch einen Reuter von Platin, der auf dem anderen Waagebalken fortgerückt wurde, bestimmt. Bei der zweiten Reihe, bei welcher die verschiedenen Knöpfe von dem Magnetstabe mittlerer Stärke in gleicher Weise nach einander abgezogen wurden, diente dieselbe Waage; aber die Stärke der Anziehung wurde dadurch bestimmt, dafs auf die am anderen Waagbalken hängende Schale ein Schiffchen von Papier gebracht und in dieses, so lange bis das Abziehen erfolgte, aus einer engen Oeffnung trockner Sand geschüttet wurde. Das Schiffchen mit dem Sande

wurde nach jeder Bestimmung auf einer anderen Waage gewogen. Bei der dritten Reihe von Abwägungen mufste die Glaswaage durch eine gröfsere chemische Waage ersetzt werden; die Bestimmungen wurden wie bei der zweiten Reihe gemacht, nur dafs schon vorher Gewicht aufgelegt wurde, bevor man den Sand zuschüttete.

Bei den beiden letzten Reihen von Abwägungen wurde der grofse Elektromagnet angewandt, indem auf einer Polfläche desselben ein sehr stumpfer Kegel, dessen Basis mit dieser Polfläche gleichen Durchmesser hatte und dessen Spitze abgerundet war, aufgesetzt wurde. Die Knöpfe wurden an einem Arme einer gewöhnlichen Waage aufgehängt und senkrecht von der abgerundeten Spitze des Kegels, nachdem die am anderen Arme hängende Schale bevor sie bis nahe dem Abreifsen belastet worden war, durch zugelegte feine Schrotkörner abgezogen. Der Elektromagnet wurde einmal durch ein einziges unserer gewöhnlichen Grove'schen Elemente erregt, das andere Mal durch eine Kette von *sechs* solcher Elemente.

4. Versuchsreihe I.

Die Zahlen bedeuten die in Grammen ausgedrückten, zum Abziehen erforderlichen Gewichte; die neben einander stehenden beziehen sich auf die unmittelbar wiederholten Bestimmungen mit demselben Knopfe. Die Aufeinanderfolge der Abwägungen bei Anwendung der verschiedenen Knöpfe, bezeichnet die erste Vertical-Columne, in welcher die Substanz des jedesmaligen Knopfes bezeichnet ist.

Weiches Eisen	0gr,395	0gr,395	
Blauer Stahl	0 ,33	0 ,34	
Gelber Stahl	0 ,26	0 ,27	
Glasharter Stahl	0 ,120	0 ,125	
Gelber Stahl	0 ,26	0 ,27	0gr,28
Blauer Stahl	0 ,35	0 ,34	
Weiches Eisen	0 ,415	0 ,405	

5.

5. Versuchsreihe II.

Weiches Eisen	2^{grm},60	2^{grm},70
Blauer Stahl	2 ,10	2 ,20
Gelber Stahl	1 ,80	1 ,80
Glasharter Stahl	1 ,00	1 ,00
Gelber Stahl	1 ,70	1 ,60
Blauer Stahl	2 ,00	2 ,10
Weiches Eisen	2 ,55	2 ,65

6. Versuchsreihe III.

Die Anziehung der verschiedenen Knöpfe durch den stärksten der drei Stahlmagnete wurde zweimal an verschiedenen Tagen bestimmt.

Weiches Eisen	35^{grm},8	36^{grm},0	35^{grm},9	36^{grm},4
Blauer Stahl	29 ,8	29 ,9	30 ,7	29 ,2
Gelber Stahl	25 ,4	25 ,8	25 ,8	25 ,0
Glasharter Stahl	18 ,0	18 ,1	19 ,0	18 ,5

Weiches Eisen	34^{grm},0	34^{grm},9	35^{grm},0	
Blauer Stahl	29 ,2	29 ,8	30 ,2	
Gelber Stahl	24 ,2	24 ,7	24 ,1	
Glasharter Stahl	17 ,9	18 ,2	18 ,6	
Weiches Eisen	35 ,2	34 ,9	36 ,0	34^{grm},5

7. Versuchsreihe IV.

Weiches Eisen	205^{grm} +	131^{grm} 131 127 124
Blauer Stahl	295 +	3 2 2,5
Gelber Stahl	255 +	7 5 6
Glasharter Stahl	250 +	2,5 2,3 3,0 5,8

wurde nach *jeder Bestimmung* auf einer anderen W?
gewogen. Bei der *dritten* Reihe von Abwägungen m
die Glaswaage durch eine gröfsere chemische Waage
werden; die Bestimmungen wurden wie bei der
Reihe gemacht, nur dafs schon vorher Gewicht a
wurde, bevor man den Sand zuschüttete.

Bei den beiden letzten Reihen von Abwägun
der grofse Elektromagnet angewandt, indem au
fläche desselben ein sehr stumpfer Kegel, dess
dieser Polfläche gleichen Durchmesser hatt
Spitze abgerundet war, aufgesetzt wurde.
wurden an einem Arme einer gewöhnlich
gehängt und senkrecht von der abgerun
Kegels, nachdem die am anderen Arme
bevor sie bis nahe dem Abreifsen bela
durch zugelegte feine Schrotkörner abge
tromagnet wurde einmal durch ein einzig
lichen Grove'schen Elemente erregt, d
eine Kette von *sechs* solcher Elemen

4. **Versuchsreihe I**

Die Zahlen bedeuten die in G ... zum Abziehen erforderlichen G ... und V bedeuten die ... der stehenden beziehen sich a ... aufgelegten, das Ab- ... ten Bestimmungen mit dems ... chte und die kleineren ... erfolge der Abwägungen b ... mittelbar auf einander ... n Knöpfe, bezeichnet di ... Schrotgewichte. ... er die Substanz des j ... einzelnen Bestimmungen ... Mittelwerthe nehmen, so ... stellung.

				Blauer St.	Weiches E.
Weiches Eisen	**0gr,3**	20		**0grm,340**	**0grm,405**
lauer Stahl	**0**	6	,5	**2 ,210**	**2 ,625**
elber Stahl	**0**	6	,5	**29 ,9**	**36 ,0**
asharter Stahl	**0**	4		**o ,7**	**34 ,6**
lber Stahl		15	,5		**331**
uer Stahl		14	,5		**1572**
iches Eisen		18	,5		
		28			
		16			
		16	,5		

Hieraus ergeben sich endlich, wenn wir die Anziehung, welche der Knopf von glashartem Stahle erfährt, gleich Eins setzen, für die Anziehung der drei anderen Knöpfe, die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Verhältnifszahlen:

	Gelber St.	Blauer St.	Weiches E.
I.	2grm,18	2grm,78	3grm,31
II.	1 ,72	2 ,21	2 ,62
III.	1 ,36	1 ,63	1 ,96
	1 ,34	1 ,63	1 ,90
IV.	1 ,12	1 ,28	1 ,42
V.	1 ,084	1 ,25	1 ,37

10. Diese Zusammenstellung weiset, was zu erwarten stand, in schlagender Weise nach, dafs der Stahl je härter er ist, einerseits zwar durch Induction um so schwächer magnetisch wird, andererseits aber, bei wachsender inducirender Kraft in um so raschere Verhältnisse an Magnetismus zunimmt. Wir sehen, dafs, bei starker Kraft, der bis zum gelben Anlaufen abgelassene Stahl nicht viel stärker angezogen wird als der glasharte, mehr als doppelt so stark aber bei schwacher Kraft; dafs das magnetische Verhalten des blau angelaufenen Stahls den Uebergang bildet zum magnetischen Verhalten unseres weichen Eisens. Dieses wird bei der schwächsten von uns angewandten Kraft $3\frac{2}{3}$, bei unserer stärksten Kraft nur $1\frac{1}{3}$ Mal so stark angezogen als der glasharte Stahl.

11. Aus den Anziehungen, die unsere Knöpfe durch die verschiedenen Magnetpole erleiden, können wir nicht auf die hierbei stattfindenden inducirenden Kräfte selbst zurückgehen und diese unter einander vergleichen. Um so weniger lassen sich diese mit denjenigen vergleichen, die bei den Bestimmungen der oben citirten Abhandlung angewendet worden sind. Ich habe es hier vorgezogen, mich überall nur eines einzigen inducirenden Poles zu bedienen, während ich früher, um gröfsere Kräfte zu erhalten, immer zwei, einander genäherte auf die zu untersuchenden Substanzen wirken liefs.

12. Ich erwähne hier nicht aller Rücksichten, die genommen worden sind um die vorstehenden, den Verhältnissen nach, vollkommen befriedigenden Resultate zu erhalten. Nur einen Punkt kann ich nicht ganz unerörtert lassen, den Umstand nämlich, dafs die verschiedenen Stahlknöpfe nach dem Grade ihrer Härtung mehr oder weniger Magnetismus dauernd behalten. Durch drei Zwischenstufen hindurch steigt die Anziehung, die der gehärtete Stahlknopf erleidet, um mehr als das 10000fache. Bei dieser raschen Zunahme erscheint das magnetische Residuum, das die Stahlknöpfe behalten, in unserem Falle ohne Weiteres vernachlässigt werden zu können, wo wir bei den Bestimmungen von dem schwächsten Pole anfangend zu den stärkeren allmälig fortgegangen sind. Der umgekehrte Gang hätte unbrauchbare Zahlen geliefert. Aus demselben Grunde wurde für den inducirenden Pol der verschiedenen Magnete immer der gleichnamige, der Südpol, genommen.

Um die Gröfse des magnetischen Residuums, das in den verschiedenen Knöpfen nach der Inducirung durch unseren stärksten Pol zurückblieb, einigermafsen anschaulich zu machen, füge ich noch die nachstehenden Bestimmungen hinzu. Es wurde schliefslich der bereits früher (2) erwähnte Eisendraht *F*, wie in den drei ersten Versuchsreihen die gleichen Magnetstäbe *E*, vertical aufgestellt und, vermittelst der feinen Waage das Gewicht bestimmt, mit welchem die verschiedenen Knöpfe an dem oberen Ende des Eisenstabes hafteten. Dieser Stab selbst haftete an anderem weichen Eisen nicht mit einer mefsbaren Kraft. Der Eisenknopf zeigte schon ein magnetisches Residuum; um ihn abzuziehen, war ein Gewicht erforderlich, das bis zu einem Gramm anstieg. Für den blau angelaufenen, den gelb angelaufenen und den glasharten Stahlknopf fand der Assistent des physikalischen Kabinets, Hr. Th. Meyer, dem ich, bei der grofsen Fertigkeit, die er sich in solchen Bestimmungen erworben hat, die Abwägungen überliefs die folgenden Zahlen:

blauer Stahl	$11^{grm},5$
	11 ,7
	12 ,0
gelber Stahl	20 ,3
	20 ,4
	20 ,2
glasharter Stahl	24 ,6
	24 ,7
	24 ,5

was die Mittelwerthe $11^{grm},7$, $20^{grm},3$ und $24^{grm},6$ giebt. Das Verhältuifs dieser Zahlen ist, wenu die inducirende Kraft, welcher die Knöpfe ausgesetzt wareu, geringer ist, offenbar ein anderes.

---

13. Um dahin zu gelangen, dafs wir die Coërcitivkraft verschiedener Substanzen messen und vergleichen können, schien mir der erste Schritt der zu seyn: solche Zahlen zu bestimmen, welche angeben, wie sich die Stärke des in einer gegebenen Substanz durch eine bestimmte Induction hervorgerufenen Magnetismus zu der Stärke desjenigen verhält, der, nachdem die Induction aufgehört hat, noch zurückbleibt. Obgleich einstweilen meine Bemühungen in dieser Beziehung ohne Erfolg geblieben sind, so scheint es mir doch hier schon am Orte, einige Beobachtungen, die mir auf dem Wege zu obigem Ziele begegnet sind, mitzutheilen.

14. Es ist eine längst beobachtete Thatsache, dafs zwei gleichnamige Magnetpole bei gegenseitiger Berührung nach Umständen sich anziehen. Ich nahm zwei vorher magnetisirte Stahlstäbe (E), von denen ich den einen wiederum in verticaler Lage befestigte uud den anderen, wie früher die Stahlknöpfe, au der feinen Glaswaage aufhing. Beide Stäbe berührten sich in einem einzigen Punkte ihrer kugelförmigen Abrundungen und zwei mit gleichnamigen Poleu. Bei der Berührung zeigte sich eine entschiedene, nicht augeublicklich in ihrer ganzeu Kraft eintretende, Anziehung, selbst auch dann, wenn die beiden gleichnamigen Pole nach oberflächlicher Schätzung gleich

stark erschienen. Diese Anziehung bestand nach einer Entfernung der beiden Pole von einander noch fort, nahm mit derselben allmälig ab, um sich in einer Entfernung von etwa einem Millimeter in Abstofsung zu verwandeln, welche ihrerseits, wenn die Pole immer weiter von einander entfernt wurden, ein Maximum erreichte und hierauf bis zum Verschwinden wieder abnahm.

Diese Erscheinungen erklären sich dadurch, dafs in einem Stabe, der permanent magnetisch ist, die entgegengesetzte Polarität, von Störungen abgesehen, zu beiden Seiten der Mitte symmetrisch sich verbreitet; dafs aber, wenn die beiden gleichnamigen Pole inducirend aufeinander wirken, diese Induction sich nicht auf den ganzen Stab verbreitet; dafs der stärkere der beiden Pole den schwächeren aufhebt, umkehrt, diese Umkehrung der Polarität sich aber nicht weit nach der Mitte des Stabes hinzieht, so dafs sich in der Nähe des Endes des schwächeren Magneten ein schwacher consecutiver Punkt bildet, der mit der Entfernung des inducirenden stärkeren Poles sich wieder verliert. Diese Wiederherstellung des ursprünglichen magnetischen Zustandes erscheint als Folge einer *inneren Induction,* welcher ebenfalls der Zustand der ursprünglichen symmetrischen magnetischen Vertheilung zuzuschreiben ist.

Ich glaube man kann *a priori* behaupten, dafs, wenn die Intensität der beiden gleichnamigen, inducirend auf einander einwirkenden Pole, und ebenso auch die Coërcitivkraft der beiden Stäbe, mathematisch genommen, gleich ist, keine gegenseitige Anziehung stattfinden könne. Die Intensität zweier gleichnamigen Pole, welche das Bestreben haben, sich gegenseitig umzukehren, ist offenbar eine wenig stabile und wenn ein Pol einmal anfängt den anderen zu überwältigen, so überwältigt er ihn ganz und erhält seine ursprüngliche Polarität, die momentan geschwächt war, wieder. Die obige Behauptung findet sich aber auch durch das Experiment bestätigt, denn als ich den stärkern der beiden nahe schon gleichstarken Magnetpole auf dem gewöhnlichen Wege allmälig schwächte, ge-

langte ich dahin, dafs, bei unmittelbarer Berührung die gegenseitige Anziehung der beiden Pole immer kleiner wurde und in Abstofsung überging.

Während ich die Gröfse dieser Abstofsung gleich starker gleichnamiger Magnetpole zu messen mich bemühte, wurde ich durch eine zufällige Beobachtung überrascht. Bei derselben Ajustirung wie früher, ergab sich nun, bei unmittelbarer Berührung, eine Abstofsung von etwa $0^{grm},2$ und um den oberen Magnetstab wieder bis zur Berührung mit dem vertical stehenden zu bringen, belastete ich den Arm der Waage, an welchem er hing, mit einem Gewichte von etwa $0^{grm},3$. Es wurde darauf von den Umstehenden, noch deutlich vernehmbar in einer Entfernung von einem Meter, ein helles Tönen vernommen, von dem ich sogleich erkannte, dafs es von einem Oscilliren des aufgehängten Magnetstabes herrührte. Die Oscillationen folgten sehr rasch auf einander und waren so klein, dafs sie nur durch Hülfe einer Lupe sichtbar wurden. Nach mehr als einer Viertelstunde dauerte das Tönen noch fort und auch nach vier und zwanzig Stunden (während welcher der Apparat unberührt blieb) wurde dasselbe noch wahrgenommen, wobei ich allerdings nicht mit absoluter Gewifsheit behaupten kann, ob nicht eine durch das Hinneigen des Ohres zum Apparate hervorgebrachte Erschütterung des denselben tragenden Tisches die Erscheinung von Neuem eingeleitet hatte. Es konnte diese keinesweges auf die Elasticität der beiden Stäbe zurückgeführt werden. Denn zwei ganz gleiche unmagnetisirte Stäbe von demselben Stahle, die unter denselben Bedingungen sich befanden, zeigten die Erscheinung nicht, sondern der obere derselben kam, wenn er durch eine Erschütterung in Oscillation gesetzt wurde, fast augenblicklich wieder zur Ruhe. Als ich dieselben Stäbe darauf stärker magnetisirte, konnte ich die beobachtete auffallende Erscheinung nicht wieder hervorbringen, diefs gelang mir aber bei schwachen gleich starken Polen, nach sorgfältiger Ajustirung immer wieder von

Neuem; nur mufste sie meistens durch eine Erschütterung eingeleitet werden und dauerte nicht unbegränzt fort.

Die Bedingungen für diese Erscheinungen sind offenbar, dafs einerseits in einer kleinen Entfernung das Uebergewicht die magnetische Abstofsung überwinde und den oscillirenden Magneten zu dem feststehenden herabdrücke, während andererseits, bei der unmittelbaren Berührung, die Abstofsung gröfser ist als das Uebergewicht, und der Magnet also wieder gehoben wird.

Die folgenden Beobachtungen finden ihre unmittelbare Erklärung in der Coërcitiv-Kraft des Eisens.

Der grofse Elektromagnet, dessen ich mich bediene, hat acht Lagen dicken Kupferdrahts um jeden seiner beiden Schenkel. Vier Lagen eines Schenkels waren zufällig aufser Thätigkeit, so dafs die beiden Pole, welche durch Anwendung eines Stromes von einem oder einigen Grove'schen Elemente hervorgerufen wurden, nicht gleich stark waren. Auf den beiden Polflächen befanden sich die beiden schweren Halbanker, mit den abgerundeten Seiten einander bis auf ein Paar Millimeter genähert. Sie waren mit einer Glas- oder Glimmerplatte bedeckt und auf diese wurde eine gröfsere Menge von Eisenfeilspänen gebracht, die eine Brücke von einem Pole zum anderen bildeten. Wenn die Polarität durch einen Commutator umgekehrt wurde, so zeigte sich, *aber erst nach etwa zwei Sekunden* eine auffallende Bewegung in der ganzen Masse der Eisenfeilspäne, die von dem stärkeren Pole ausging: eine Erscheinung, die, bei jeder neuen Commutation, in gleicher Weise sich wiederholte. Von dem, was mit den einzelnen Eisenfeilspänen vorging, gab ein kleiner Stift Auskunft, welcher auf der Platte abwechselnd an verschiedenen Stellen oberhalb der abgerundeten Kanten der beiden Halbanker gebracht wurde.

Eine ganz hübsche Erscheinung zeigte sich, als ich nach der Angabe von Liebig und Wöhler bereitetes Eisenoxyd-Oxydul, in einem hohen Glase mit dünnem Boden,

in Wasser suspendirt, über die, wie oben genäherten beiden Halbanker brachte. Das feine Pulver (frisch bereitet) blieb so lange im Wasser suspendirt, dafs noch nach beiläufig einer Viertel-Stunde das Wasser dadurch schwärzlich gefärbt erschien. Oberhalb der beiden Pole, aber erst ein paar Sekunden *nach* Erregung des Magnetismus, zog sich, fast augenblicklich, das Pulver herab und das Wasser erhielt seine ganze Klarheit wieder.

Ich liefs einen Anker construiren von derjenigen Form, wie sie bei den magneto-elektrischen Apparaten vorkommt, mit einer Axe, die durch eine Schwungmaschine in Bewegung gesetzt werden konnte. Die beiden mit Kupferdraht umwickelten Schenkel waren 65^{mm} hoch, 35^{mm} dick, der Abstand ihrer Mitten betrug 120^{mm}. Vermittelst Federn, welche an der Axe anlagen, wurde ein durch ein oder zwei Grove'sche Elemente erregter Strom durch den Kupferdraht geleitet und dann der Anker um seine Axe in rotirende Bewegung gesetzt, so dafs die beiden Pole in ihrer Bewegung auf derselben kreisförmigen Bahn einander folgten. Während der Bewegung wurden Eisenfeilspäne auf eine horizontale Glasplatte gestreut, welche unmittelbar oberhalb der Polflächen sich befand. Die Eisenfeilspäne legten sich in einen Kreis, dessen Mittelpunkt in die Umdrehungsaxe fiel. Der Durchmesser des Kreises war dem innern Abstande zwischen den beiden Schenkeln des Ankers gleich, so dafs er der geometrische Ort für die Punkte der stärksten magnetischen Wirkung auf der Oberfläche der Platte war. Die Eisenfeilspäne bewegten sich auf diesem Kreise *in einer Richtung*, *welche der Drehungs-Richtung des Ankers entgegengesetzt war.*

Bei sehr geringer Umdrehungsgeschwindigkeit folgen die Eisenfeilspäne unmittelbar den Polen; sie werden, wenn dieselbe nur wenig zunimmt, fortgeschleudert.

Wenn der Strom in der Art durch den Draht geleitet wird, dafs in den beiden Schenkeln des Ankers *gleichnamige* Polarität auftritt, so mufs man, um die oben be-

schriebene Erscheinung zu erhalten, die Umdrehungs-Geschwindigkeit bedeutend vermehren.

Eine Halbkugel von Eisen, 7^{mm} Durchmesser, mit ihrer abgerundeten Seite, während der Magnet rotirt, auf die Glasplatte gelegt, bewegt sich auf dem bezeichneten Kreisumfange in derselben Richtung als die Eisenfeilspäne, gleichzeitig um ihre Axe rotirend.

Bonn den 26. October 1854.

III. *Ueber die Vertheilung der Regen in der gemäſsigten Zone; von H. W. Dove.*

Im *Annuaire météorologique de la France* für das Jahr 1850 sind zehnjährige Beobachtungen von Don über die in *Algier* herabfallende Regenmenge veröffentlicht, welche zeigen, daſs diese Menge fast vollkommen regelmäſsig vom Januar bis zum Juli abnimmt, und von da ebenso regelmäſsig nach dem December hin zunimmt. Dieselbe Regelmäſsigkeit zeigt sich in der Anzahl der Niederschläge, denn in diesen 10 Jahren kamen auf den Januar 88 Regentage, auf den December 83, auf den Juli hingegen nur ein einziger im Jahr 1844. Dieselben Verhältnisse gelten für die Canaren und Azoren, sie finden auch noch auf das südliche Europa ihre Anwendung, denn in *Funchal* erniedrigt sich die Regenmenge von 92‴ im Januar auf 0‴,9 im Juli, in *St. Michael* ist sie nach zehnjährigen Beobachtungen viermal gröſser im Januar als im Juli. In *Lissabon* sind die Verhältnisse für December und Juli 55 : 2, in *Palermo* 37 : 2½, *Neapel* hat im März und October 49‴, im Juli noch nicht 7, ja selbst in *Rom* ist die Wassermenge des October zehnmal gröſser als die des Juli. Auch spricht sich diese periodische Gesetzmäſsigkeit nicht nur in der gemessenen Wassermenge, sondern in allen begleiten-

den Witterungserscheinungen aus. Nach drei Monaten fast vollkommen heiteren nur selten durch ein Gewitter unterbrochenen Wetters treten in *Rom* diese Regen am 10. October ein, manchmal noch eher, und dauern, von heftigen Stürmen begleitet, fast ohne Unterbrechung bis zum Ende des Decembers fort. Sie vermindern sich etwas nach dem Frühling hin, so dafs der ganze Winter eine mehr unbeständige als kalte Jahreszeit darstellt, einen beständigen Wechsel von Tramontane und Scirocco. Hat man daher auch nicht das Recht, das Jahr wie die Indianer am Orinoco in eine Zeit der Sonnen und der Wolken einzutheilen, so spricht sich doch der Gegensatz der regenlosen heifsesten Monate gegen eine den Winter umfassende Regenzeit sehr entschieden aus. Der Anfang und das Ende dieser Regenzeit wird gewöhnlich durch Gewitter bezeichnet, und daher sagt Lucrez:

Immer am häufigsten wird im Herbste das sternengezierte
Himmlische Haus und der Kreis der Erd erschüttert vom Donner
Auch wenn die holde Zeit des blühenden Lenzes sich aufschiiefst
Feuer fehlet im Winter, im Sommer fehlen die Winde
Und der Wolkengehalt ist dann vom Bestande so dicht nicht.
Ist nun zwischen den beiden die Himmelszeit in der Mitte
Dann trifft jeglicher Grund zur Erzeugung des Blitzes zusammen.
Nun ist die Frühlingszeit des Frostes Ende, der Wärme
Anfang, Streit mufs daher unter den Dingen entstehen
Ungleichartig in ihrer Natur, die gemischt sich bekämpfen.
Geht nun der Sommer zu End, und beginnt von Neuem der Winter,
Dann erscheinet die Zeit, die Herbst man pfleget zu nennen
Und aufs Neue bekämpfen sich dann der Frost und die Hitze;
Daher können sie heifsen das Jahr kriegführende Zeiten.

Wie wenig pafst diese Beschreibung, die für Italien vollkommen richtig ist, auf unsere Gegenden, wo sowohl die gröfste Menge des herabfallenden Regens als auch die heftigsten Gewitter in die entschiedenen Sommermonate fallen. Da aber Anfang und Ende der Regenzeit in Italien durch heftige südliche Winde bezeichnet werden, und eine Menge Witterungsregeln aus dem Alterthum auf uns herübergekommen sind, die nur für eine bestimmte geographische Breite ihre eigentliche Bedeutung haben, so

ist es mir nicht unwahrscheinlich, dafs dadurch die bekannten Aequinoctialstürme auch bei uns als eine ausgemachte Thatsache gelten, obgleich man sich in der Regel in unserm heiteren windstillen September vergeblich nach ihnen umsieht und es sich astronomisch wenigstens nicht rechtfertigen läfst, die Herbstnachtgleiche in den November oder December zu verlegen.

Die erste Erläuterung dieser Erscheinung hat L. v. Buch in seinen Bemerkungen über das Klima der Canarischen Inseln gegeben: »Die Canarischen Inseln, sagt er, empfinden nichts mehr, was an tropische Regen erinnern könnte, an solche Regen nämlich, welche nach der Sprache der Seeleute die Sonne verfolgen und dann eintreten, wenn die Sonne ihre gröfste Höhe erreicht hat. Die Regen dieser Klimate erscheinen erst dann, wenn die Temperatur im Winter bedeutend sinkt, und die Temperaturdifferenz gegen die Aequatorialgegenden gröfser und bedeutender wird. Die Ursache dieser Regen scheint dann keine andere zu seyn, als die, welche sie bis zum Pol hinauf bewirken, die Erkältung der von SW aus tropischen Gegenden oder niederen Breiten heraufdringenden warmen Luft, und mit ihr des Dampfes. Da aber diese Luft in der Temperatur der Herbstmonate auf den Canarischen Inseln noch nicht sogleich bis zum Condensationspunkt des Dampfes sich erkälten wird, so ist begreiflich hier der Eintritt des Regens viel später als in Spanien oder Italien, oder mehr noch als in Frankreich und Deutschland. Nicht leicht werden Regen am Ufer des Meeres vor dem Anfang des Novembers fallen, und nicht wohl später, als am Ende des März. In Italien währt diese Regenzeit von der ersten Hälfte des October bis zur Mitte des April.«

»Höchst merkwürdig, belehrend und für die ganze Meteorologie von der gröfsten Wichtigkeit, fährt L. v. Buch fort, ist die Art, wie der Nordostpassat gegen den Winter von den SWwinden vertrieben wird. Nicht im Süden fangen diese zuerst an und gehen nach Norden hinauf, wie man ihrer Richtung gemäfs anfangs wohl glauben

könnte, sondern an den portugiesischen Küsten eher als auf Madaira und hier früher als auf Teneriffa und Canaria, und auf gleiche Art, wie von Norden her, kommen diese Winde allmälig von Oben herab und in diesen oberen Regionen waren sie schon immer, selbst während des Sommers, selbst während der NOpassat auf der Meeresfläche mit grofser Heftigkeit wehte. Diese oberen Winde kommen langsam aus der Höhe der Atmosphäre an den Bergen herab. Man sieht es deutlich an den Wolken, welche im October die Spitze des Pic von Süden her einhüllen, sie senken sich immer tiefer und endlich lagern sie sich auf dem etwa 600 Fufs hohen Kamm des Gebirges zwischen Orotawa und der südlichen Küste und brechen hier in furchtbaren Gewittern aus. Es vergeht dann vielleicht eine Woche, oft auch mehr, ehe sie an der Meeresküste empfunden werden, dann bleiben sie Monate lang herrschend. Regen fallen nun auf den Abhängen der Berge und der Pic bedeckt sich mit Schnee.«

Ich halte diese von L. v. Buch ausgesprochenen Ansichten für einen der glücklichsten Gedanken, der je in der Wissenschaft geltend gemacht worden ist. Es ist daher um so mehr zu bedauern, dafs in einer im Jahre 1829 erschienenen Abhandlung »über die subtropische Zone« L. v. Buch diesen Ansichten eine Ausdehnung gegeben hat, die in der Natur durchaus nicht begründet ist. Ich weifs sehr wohl, dafs damals alle Naturforscher annahmen, dafs die Erscheinungen im grofsen Ganzen, welche wir in einer bestimmten geographischen Breite finden, in bandartigen Streifen die Erde umfassen, dafs man die Moussons als eine locale Modification des Passats nur innerhalb der heifsen Zone ansah, dafs man keine Ahnung davon hatte, dafs in der gemäfsigten Zone sich ähnliche grofsartige Unterschiede unter verschiedenen Längen bei gleicher geographischer Breite finden. Es ist daher fern von mir L. v. Buch einen Vorwurf daraus zu machen, dafs er eine subtropische Zone geschaffen, die als Zone nicht existirt. Jetzt aber, wo die über die ganze Erdfläche sich

ausspannenden Beobachtungen uns Gegenden eröffnen, die früher der Untersuchung unzugänglich waren, wäre es nicht zu rechtfertigen, wenn wir uns den neuen Gesichtspunkten verschliefsen wollten, die sich uns darbieten. Es mag freilich paradox klingen, wenn gesagt wird, dafs im Sommer das Innere von Sibirien genau die Rolle der Gegend der Windstillen übernimmt, die man gewohnt ist sich an dem Aequator fixirt zu denken, aber es mufs ausgesprochen werden, dafs es gegen physikalische Gesetze verstofsen heifst zu behaupten, dafs die Luft der gemäfsigten Zone als ein beständiger Westwind fortwährend um die Erde läuft, wie jetzt noch in allen Lehrbüchern gedruckt wird, da doch jeder wissen könnte, dafs Luft sich nur nach einer Auflockerungsstelle hinbewegt, oder dort aufsteigend von ihr zurückkehrt.

Als Kennzeichen der subtropischen Zone bezeichnet Leopold v. Buch die jährliche periodische Verminderung des atmosphärischen Druckes vom Sommer nach dem Winter hin und leitet diese Verminderung aus den aus der Höhe herabkommenden Strömen ab. Da nun im indischen Ocean der SWmonsson das Barometer erniedrigt, so nimmt er diesen als einen von Oben herabkommenden Wind an, denn er sagt: In Indien sind es die SWmoussons, welche die Barometerhöhe vermindern, und diefs ganz im Verhältnifs, als sie von Oben herab die Oberfläche berühren. Er nimmt ferner an, dafs diese periodische barometrische Veränderung das Himalaja Gebirge nicht überschreite und dafs jenseits des Gebirges ein ganz anderes meteorologisches System anfange; er dehnt endlich diese Zone, die eben als Zone die ganze Erde umfassen soll, über America nach den Sandwichinseln aus.

Gegen die Ansicht, dafs die SWmoussons von Oben herabkommende Winde sind, habe ich mich bereits im Jahre 1831 ausgesprochen [1]: »Durch die Gesammtheit aller Beobachtungen, sagte ich, scheint es erwiesen, dafs zwischen den SWwinden an der äufseren Gränze des Pas-

[1] gg Ann. Bd. 21, S. 177.

sats und denen im indischen Ocean ein wesentlicher Unterschied stattfindet, jene erscheinen im Winter, diese im Sommer, jene werden südlich durch NOwinde begränzt, diese durch SOwinde. Nach der Halley'schen Theorie, derselben welcher Muschenbroek, Capper, Hube und Horsburgh gefolgt sind, sind diese unteren Luftströme nicht von Oben herabkommende, wie es Halley von jenen vermuthete und Hr. v. Buch bewiesen hat.

Die Frage, warum die Erscheinung im atlantischen Ocean so verschieden ist von der im indischen, suchte ich damals durch die Annahme zu beantworten, dafs das Hochland Asiens den Zuflufs nördlicher Ströme hemme und daher dem von Unten heraufdrängenden Passat kein anderer Luftstrom entgegentrete, als die Luftmasse zwischen der Gegend der Windstillen und jenen hohen Gebirgen. Bei dem Heraufrücken der Sonne werde daher die in dem senkrechten Kreislauf sich bewegende Luftmasse stets vermindert, endlich vermöge sie dem SO nicht mehr zu wiederstehen und der Kreislauf beginne daher in ganz entgegengesetzter Richtung. Man kann die zur Erklärung eines Phänomens geltend gemachten Ansichten in zwei Klassen theilen, wirklich sachliche Erklärungen und Ausreden der Natur gegenüber. Eine solche Ausrede war meine damalige Ableitung und das Bewustseyn ihrer Schwäche bewirkte, dafs als die ersten Beobachtungsjournale aus Sibirien erschienen, ich sogleich die Bedeutung derselben für die Theorie des Moussons erkannte und aussprach, denn hier zeigte sich, dafs die barometrische Oscillation, welche L. v. Buch am Himalaja begränzt glaubte, gerade im Innern des Continents von Asien am gröfsten sey, dafs also der Anziehungspunkt für die südlichen Luftströme weit nach Norden hinauf liegt.

Obgleich nun die Allgemeinheit des Phänomens des periodisch verminderten Druckes sich allmälig so evident herausstellte, dafs Hr. Kupffer bei der Herausgabe des Jahrgangs 1841 der asiatischen Beobachtungen bereits äufserte: *on n'a qu'à jetter un coup d'oeil sur les resumés des observations contenues dans ce volume pour trouver une con-*

[illegible] *Mr. Dove a avancé sur* [illegible] jetzt entschieden zeigen, [illegible] der untere Passatstrom sind, welcher [illegible] hinzieht, um die Lücke zu [illegible] steigender Temperatur hier im Innern [illegible] Wasserdampf nicht zu ersetzen [illegible] Die Beweise sind freilich indirecte, aber wer sich [illegible] meteorologischen Untersuchungen beschäftigt hat, [illegible] dieser Disciplin direct behan- [illegible] und dies, wenn es sich um Winde han- [illegible] nach der Windfahne sieht.

[illegible] in den *Phil. Transact. for* 1834 erschienenen [illegible] *the atmospheric tides and meteorology of* [illegible] Sykes gezeigt, dafs auf dem Plateau [illegible] nur 25″ Regen fallen, also 20 Procent der Regen- [illegible] Bombay, dafs aber am Abhange des Gebirges [illegible] bedeutender als in Bombay ist, und nach [illegible] in Mahabuleshwur im 14jährigen Mit- [illegible] die enorme Menge von 250″ erhöht. In einer [illegible] *Phil. Trans. for* 1850 enthaltenen Abhandlung: [illegible] *meteorological observations taken in India at* [illegible] *embracing those of Dodabetta on the Neil-* [illegible] hat er dieselbe Erscheinung noch ausführ- [illegible] Endlich enthielt das vorjährige *Journal* [illegible] *Society of Bengal* Beobachtungen der Mili- [illegible] in Hindostan, aus welchen hervorgeht, dafs in [illegible] am Abhange des Cossyahills, in derselben Höhe [illegible] die bisher unerhörte Menge von 610 Zoll [illegible] Jahr herabstürzt, eine Menge, die um vieles die [illegible] Stationen übertrifft. Eine in einer be- [illegible] Höhe so ausnehmend wachsende Menge, die in [illegible] Höhe aber wieder abnimmt, ist vollkommen un- [illegible] mit den von Oben herabkommenden Luftströmen; [illegible] vielmehr entschieden für einen gegen die Ge- [illegible] horizontal wehenden Strom, der an dieser auf- [illegible] gezwungen ist und nun seinen Wasserdampf ver- [illegible] Aufsteigen finde ich einen zweiten Beleg darin,

darin, dafs wie ich aus einer neueren Berechnung der Temperaturen von Hindostan finde, alle hochgelegenen Stationen dort bei Eintreten des SWmousson eine plötzliche Zunahme der Temperatur zeigen, die sich in diesem Maafse nirgends an den Stationen im Niveau des Meeres findet, ein Beweis, dafs jene Höhen dann von warmen Winden aus der Tiefe überströmt werden, die an ihnen aufsteigen, denn bekanntlich müfste sonst die Temperaturcurve der höheren Stationen flacher seyn als die der tieferen.

Aus dem Gesagten geht unmittelbar hervor, dafs die Sommerregen der Moussons mit den subtropischen Regen an der Nord- und Westküste von Africa gar nichts gemein haben. Mit den tropischen stimmen sie darin überein, dafs sie bei höchstem Sonnenstande erfolgen, unterscheiden sich von ihnen aber dadurch, dafs sie nicht Folge eines *Courant ascendant* sind, sondern eines aequatorialen Stromes, der in höhern Breiten seine Abkühlung findet. Auch ist die Richtung der Luftströme gerade entgegengesetzt. Die Tramontane als rückwärts verlängerter NOpassat herrscht in dem Sommer über dem mittelländischen Meere, zu derselben Zeit wo der südliche Mousson über dem indischen Ocean vorwaltet. Tritt hier im Winter der NOmousson ein, so herrscht im mittelländischen Meer der Scirocco vor.

Im Jahr 1835 habe ich gezeigt [1]), dafs die Regenverhältnisse des mittleren und nördlichen Europas sich unter dem einfachen Gesichtspunkte zusammenfassen lassen, dafs die Winterregenzeit an der äufseren Gränze der Tropen, je weiter wir uns von diesen entfernen, immer mehr in zwei durch schwächere Niederschläge verbundene Maxima auseinander tritt, welche im südlichen Deutschland in einem Sommermaximum zusammenfallen, wo also temporäre Regenlosigkeit vollkommen aufhört. Diese Erscheinung wird sich überall da zeigen, wo die Erscheinung des Passats in der jährlichen Periode bedeutend herauf und herunterrückt, wo also mit einem Wort Orte an der äufseren Gränze des Passats eine Zeit lang in denselben aufgenommen sind, eine

1) Pogg. Ann. Bd. 35, S. 375.

[illegible] heraustreten. Aber es ist klar, [illegible] auch die Vertheilung der [illegible] Zone eine andere seyn muſs. [illegible] Verschiebung des Passats in [illegible] zu ermitteln.

[illegible] Seller die inneren Gränzen [illegible] Ocean angegeben, schärfer [illegible] ersten Theil der *India Directory*. [illegible] die Zone zwischen beiden [illegible] Meilen breit im Sommer 120 ist. [illegible] in seinem groſsen Atlas auch die [illegible] Gränzen des NOpassat für die [illegible] bestimmen gesucht. Hier zeigt sich [illegible] Veränderung auf der afrikanischen Seite [illegible] americanischen, oder wie ich früher [illegible] Erscheinungen abgeleitet [illegible] der Windstillen und das Gesammt- [illegible] nicht parallel mit sich herauf und [illegible] wie eine schwingende Saite sich [illegible] im westindischen Meer hat, [illegible] Passat ein constanter Wind, ihre [illegible] im indischen Ocean, wo er sich [illegible] verwandelt. Wie diese Extreme [illegible] übergehen, d. h. wie der [illegible] wissen wir nicht, da die meisten [illegible] Meteorologie ihren Tribut voll- [illegible] geben, wenn sie sich über [illegible]

[illegible] der Passat eine unveränder- [illegible] entweder stets in demselben [illegible] zwischen seinen inneren [illegible] außerhalb derselben liegen [illegible] regenlos seyn, im zwei- [illegible] hindurch im Mittel Regen [illegible] der subtropischen Zone [illegible] regenlosen Zeit bei höch- [illegible] wasserreichen bei niedrigem,

so wird an der äufseren Gränze des constanten Passats es keine suptropische Zone geben. Findet eine Annäherung an diese Unveränderlichkeit in America statt, so wird sich auch die angegebene Folgerung annähernd verwirklichen.

Aus diesem Grunde war es mir schon lange wünschenswerth, die Regenvertheilung da zu ermitteln, wo wie in Asien und America an der äufseren Gränze der Tropen ganz andere Verhältnisse der Luftströmungen und des barometrischen Druckes sich zeigen als in Europa. Da aber die Regenmenge einzelner Jahre sehr grofse Differenzen zeigt, so mufste ich diese Arbeit verschieben, bis das Beobachtungsmaterial eine längere Reihe derselben umfafste. Einige wenige Stationen ausgenommen entlehnt aus dem vortrefflichen Werk von Drake *a systematic treatise historical, ethnological and practical on the principal desease of the interior valley of North America as they appear in the Caucasian, African, Indian and Eskimaux varieties of its population*, *Cincinnati* 1850 habe ich daher das ganze Material erst sammeln und berechnen müssen. Dasselbe gilt von den Beobachtungen in Nordasien.

Geht man von der Südspitze von Florida von Key West und India Key zuerst westlich an der Nordküste des mexicanischen Meerbusens nach der Mündung des Missisippi über New Orleans, Natchez, Viksburg nach St. Louis und über Ft. Crawford bis zu den Wasserfällen des heiligen Antonius unter 45° Breite bei Ft. Snelling, ebenso an der Westküste des inneren Längenthals über Ft. Jesup, Tawson, Smith, Gibson, Leavenworth nach Norden, so findet sich von subtropischen Verhältnissen keine Spur. Nur auf den niedrigen Florida Keys fällt im Herbst etwas mehr Regen als im Sommer, aber von der Nordküste des mexicanischen Meerbusens an, also 9 volle Breitengrade südlicher als Algier, ist diefs nirgends mehr der Fall. Auch ist die Regenmenge in den einzelnen Jahreszeiten so unregelmäfsig vertheilt, dafs man längere Jahresreihen abwarten mufs, um Regeln mit Sicherheit aufstellen zu können. Nur so viel stellt sich heraus, dafs mit dem Fortgehen nach Norden

... Winter herabfallenden Wassers auf
... bekanntlich America eben
... Winter hat und, wie ich
... wesentlich dadurch von Europa
... Wasservertheilung hier im Winter
... während in Europa das Um-
... bis 64" betragende Wasser-
... Ft. Snelling bis auf 21".
... herauf von Savannah über
... Baltimore, Philadelphia, Boston
... Grade der Breite bis zum
... die Beobachtungsreihen sind,
... das Maximum des Niederschlags im
... eine minder erhebliche Abnahme der
... im Innern, nämlich im Mittel zwischen
... zwischen jene beiden ersten
... über Nashville, Louisville,
... bis nach Wisconsin hinauf
... Stationen, deren Beobachtungs-
...

... New York habe ich
... bei der grofsen An-
... Stationen und bei der durch
... Gleichzeitigkeit dersel-
... schärfer hervortreten zu
... gegebenen Tafeln mit den
... East Hampton, Jamaica
... nun von New York
... Albany an den Ufern
... des Alleghanys an die
... Ontariosee, also über
... am südlichen Ufer
... Cazenovia, Pompeji,
... die Haupt-
... Eigenthümlichkeit, dafs
... die Herbstregen
... So ist es

wenigstens in Toronto in Canada, in Fredonia, Springville, Milville, Rochester, Lowille und Mexico. Diese etwas grössere Menge scheint sich aber nur auf ein beschränktes Terrain zu erstrecken, und auf die Höhe der Seen selbst keinen Einfluſs zu haben, denn sowohl der Ontario als Erie erreichen ihre gröſste Höhe im Juni.

An keiner Stelle der Erde verändert sich die Physiognomie des Landes so schnell, als in der neuen Welt. Reich bebaute Felder umgeben bevölkerte Städte, wo vor wenigen Jahrzehnten kaum ein menschlicher Laut die Stille des Urwaldes unterbrach. An derselben Stelle, wo heute ein einsames Fort die erste Stätte fester Ansiedelung bildet, wird vielleicht in wenigen Jahren schon das lebendige Treiben einer städtischen Gemeinschaft sich geltend machen. Auf diese Weise entstehen zunächst Culturoisen in der gleichförmigen Bedeckung des Waldes, die sich so vergröſsern, daſs zuletzt der Wald selbst in vereinzelte Gruppen zerfällt. Wird dieſs ohne Einfluſs auf die Regenverhältnisse seyn? Läſst sich die Frage irgendwo für die gemäſsigte Zone beantworten, so ist es in America. Verdichtet der durch den Tabaksbau erschöpfte Boden von Virginien soviel Wasserdampf zu Regen als damals, wo er noch mit Wäldern bedeckt war? Wir wissen es nicht; aber bieten nicht die neuen Staaten Gelegenheit dieselbe Frage zu beantworten? Für die tropischen Gegenden wissen wir, welchen Einfluſs die Verwüstung äuſsert, die man Cultur des Landes nennt. Die Inseln des grünen Vorgebirges und die Canaren haben, als der Urwald unter der Axt der europäischen Ansiedler fiel, oder wie auf den Azoren niedergebrannt wurde, sich immer mehr in nackte Felsen verwandelt, denn mit dem Walde, der sie bekleidete, sind die Regen verschwunden oder seltener geworden, welche, als er noch den Boden beschattete, die Erde tränkten. Aus ähnlichen Gründen versiegten, wie Boussingault von Südamerica berichtet, die Quellen in der Nähe einer schnell aufblühenden Niederlassung. Aber die langen Kämpfe, welche dem Losreiſsen der Colonien von Spanien folgten,

auswanderten die Ansiedler, der Urwald gewann das ihm abgewonnene Terrain wieder und seit der Zeit ist mit den wieder häufiger gewordenen Regen der alte Wasserreichthum wiedergekehrt.

Es könnte daraus die Vermuthung entstehen, dafs mit steigender Bebauung des Landes, wenn alles Brennmaterial unter der Erde gesucht wird, zuletzt die immer dichter werdende Bevölkerung der Erde in dem Bestreben sich zu erhalten in die Natur selbst den Keim des Todes hinein legen wird, dafs, wenn der Wasserdampf sich nicht mehr über der baumlosen Erde zur Wolke verdichtet, auch das Saatkorn in dem nur durch Thau erfrischten Boden seine Keimkraft verlieren oder, wenn es aufspriefst, welkend dann sterben wird. Aber so wie das Weltgebäude als Ganzes in der Weise geregelt ist, dafs es den störenden Ursachen gegenüber sein Erhaltungsprincip in sich trägt, so auch in der kleinen Welt, die wir bewohnen. Wie immer auch die äufsere Oberfläche der Erde sich verändern mag, das Feste bleibt fest, das Flüssige flüssig, denn was sind dem grofsen Gegensatz der Meere und Continente gegenüber die winzigen Veränderungen durch Ablassen der Seen und Austrocknen der Sümpfe. Steht nun die Sonne über der wasserreichen südlichen Erdhälfte, so wird ein gröfserer Antheil der durch sie erregten Wärme gebunden, als wenn sie in nördlichen Zeichen verweilend die überwiegend feste Grundfläche bestrahlt. Der Wasserdampf, welcher sich von der Herbstnachtgleiche bis zur Frühlingsnachtgleiche über der südlichen Erdhälfte in überwiegender Masse entwickelt, kehrt in der anderen Hälfte des Jahres zur Erde als Regen und Schnee zurück und zwar überwiegend auf der nördlichen Erdhälfte. Wenn nun durch die Hand des Menschen locale Unterschiede der Natur immer mehr verschwinden, so wird zwar dieselbe Wassermenge herabfallen aber vorzugsweise geregelt durch allgemeine Verhältnisse, aus einer mehr gleichförmigen, [illegible] unregelmäfsigen Vertheilung des herabfallenden Wassers wird der Gegensatz



einer trocknen und einer Regenzeit sich entschiedener herausstellen, wie man es im Thal der Rhone durch die Verminderung der Wälder seit der französischen Revolution bemerkt zu haben glaubt, da plötzliche besonders im Herbst eintretende Ueberschwemmungen sich in den letzten Jahrzehnten so gehäuft haben, wie man es früher nicht kannte. Unsere Flufsufer sind aber für solche Niveaudifferenzen nicht eingerichtet und es ist verderblich, wenn ein Flufs, wie die Oder, der in der Regel den Satz der Engländer, dafs ein Flufs eine Vorrichtung sey einen Kanal daneben anzulegen, bestätigt, plötzlich den Nil sich zum Vorbilde nimmt. Hat nun eine gesteigerte Bebauung des Landes den Einflufs, den Niederschlag auf bestimmte durch die allgemeinen Bewegungen der Atmosphäre geregelte Epochen zu verlegen, so mufs das länger cultivirte Europa, mit America verglichen, unter sonst gleichen Bedingungen in der Vertheilung der Regenmenge gröfsere Gesetzmäfsigkeit zeigen als in America, und diefs ist in der That der Fall. Die in Europa schon im Verlauf weniger Jahre mit ziemlicher Bestimmtheit sich darstellenden Regencurven erheischen in America eine längere Beobachtungsreihe, weil die einzelnen Jahrgänge sich oft bedeutend von einander unterscheiden. Es ist nicht unmöglich, dafs die Küsten des mittelländischen Meeres des Waldschmuckes ihrer Berge beraubt, jetzt den Gegenzatz ihrer trocknen und nassen Zeit schärfer hervortreten lassen als sonst, und dafs auf 10 Jahre der römischen Herrschaft in Algier mehr als ein Regentag auf den Juli kam.

Wenn die Ausrottung der Wälder und die Cultur des Landes die Ursachen vermindert, welche den Wasserdampf bestimmen, aus der luftförmigen Form in die tropfbare überzugehen, so ist klar, dafs, wenn wir zwei in Beziehung auf die Bebauung des Landes sehr verschiedene Gegenden, an welchen aber die Regenmenge gleich ist, mit einander vergleichen, der Ort, welcher seinem Naturzustand mehr erhalten, wenigstens in den unteren Schichten der Atmosphäre relativ trockener seyn wird, da an ihm die Tempe-

[illegible] der Luft häufiger dem Condensationspunkt der Dämpfe näher seyn muſs als dort. Auf diese gröſsere Trockenheit der Luft hat Desor in einem Aufsatz *du climat des états unis et de ses effets sur les habitudes et les moeurs* besonders aufmerksam gemacht. Das schnelle Trocknen der Wäsche setzt alle einwandernden deutschen Frauen in angenehmes Erstaunen, während sie in Verzweiflung, daſs das Brod so rasch altbacken wird, sich endlich zu der Sitte der *native Americans* bequemen, mindestens alle zwei Tage zu backen, aber Früchte und Gemüse sich in den Kellern viel länger erhalten. Im Winter fehlen der strengen Kälte ungeachtet die charakteristischen Eisblumen an den Fenstern, der parketirte Fuſsboden verlangt eine viel sorgfältigere Construction und der mitgebrachte Wiener Flügel verliert bald durch Austrocknen seinen Klang. Als in Boston in einem frisch gegypsten Zimmer eine Sammlung von Säugethieren und Vögeln ohne austrocknende Mittel aufgestellt wurde und Desor sich darüber verwunderte, antwortete ihm der Aufseher: *vous oubliez, que nous sommes dans la nouvelle Angleterre et non pas en Europe.*

In der Breite von Edinburgh in Sitcha jenseits der Rocky Mountains fallen 90" Regen. Es ist die einzige Station, [illegible] am stillen Meer besitze, aber sie zeigt, daſs aequatoriale Luftströme, durch die Drehung der Erde in eine [illegible] Richtung verwandelt, ihren Wasserdampf dort absetzen und daſs den Ostküsten die Nähe des Meeres [illegible] zu ersetzen vermag, was den Westküsten der [illegible] Ursprung ihrer Westwinde gewährt.

Diese in America plötzliche Abnahme der Regenmenge [illegible] der Rocky Mountains wird im alten Continent eine [illegible], wo steile Gebirge nicht unmittelbar an die [illegible] treten. Zu den Regengüssen, welche am Fuſs [illegible] herabstürzen und die Belagerung von [illegible] Dom Miguel so langwierig machten, war [illegible] Parallele, wo die Gebirge so [illegible] abfallen, daſs das Meer die Quer- [illegible] in Fiorde verwandelt. bis neuerdings

die ungeheure Wassermenge, welche im Gebiet der Cumberland'schen Seen herabfällt, ein so allgemeines Erstaunen in England erregte. Zwar wufste man, dafs, so wie die Capitäne in der Nordsee einander fragen, regnets in Bergen, ein Reisender an der Westküste von England auf die ungeduldige Frage, »regnet es denn hier immer«, die beruhigende Antwort erhielt, »nein, es schneit auch mitunter«, aber niemand ahnete, dafs in Langdall 123", in Gatesgarth 136", in Scathwaite sogar 142" fallen. In Irland erfolgt diese Abnahme der Regenmenge von der Westküste allmäliger, aber auch hier ist, wie Lloyd gezeigt hat, die Lage der Gebirgszüge, in Beziehung auf die Stelle, wo das herabfallende Wasser gesammelt wird, das Bestimmende; sie ist am erheblichsten, wo nach NO ein Gebirge liegt, viel unbedeutender, wo diefs in SW vorliegt. Daher ist sie in Cahirciveen 59",4, in Portarlington nur 21", denn jenes liegt, wie Westpoint mit 45",9 und Castletownsend mit 42",5 auf der SWseite hoher Berge, hingegen Portalington am Slievebloom, so wie Kellough mit 23",2 im NO der Mournekette, obgleich alle diese Stationen nahe im Spiegel des Meeres sich befinden. Deutlich zeigt sich diese Abnahme in Preufsen, denn die 30" in Cleve werden 25" in Cöln, Bonn, Aachen und Trier, 22" in Berlin, 19" in Posen. Für Schlesien bildet das Riesengebirge eine auffangende Mauer, die an der Südseite reiche Niederschläge veranlafst, an der Nordseite im Mittel nur unerhebliche. Daher wird die in Prag 14" betragende Regenmenge 33" in Hohenelb und sinkt in Neisse wieder auf 16 herab. Noch auffallender ist diese Abnahme in Rufsland, denn die 17 engl. Zoll in Petersburg, Bogoslowsk und Slatust werden 15 in Catharinenburg und 11 in Barnaul. Ajansk am Ochotzkischen Meere mit 35" zeigt, dafs auch hier der Zuflufs nach dem Innern das Bedingende ist, da die aufgelockerte Luft des Continentes hier Ostwinde veranlafst, denn von diesen 35" kommen 30 auf Sommer und Herbst, während Peking schon die Nähe des

27' 20 auf die drei Som-
kommen.

die Zeit, in welcher die gröfste Regenmenge
gemeinsame Verminde-
schliefst also Centralasien
einer subtropischen Zone
etwas zu finden als in America.
des Kaukasus fallen 58", in
nur 14, da hier in SW bereits hohe
Die zu Lenkoran 43" betragende
an subtropischen Regen
der Hauptkette des Kaukasus in
auf 15.7 herab, ein Beweis, dafs
nicht in dem jene Orte
zu suchen, sondern nach SW
Regenmenge scheint darauf
aufsteigenden Luftmassen
Wasserdampf fehlt und daher von Africa
hinauf in der Richtung von
Gürtel hinzieht, in welchen die
Niederschlag überwiegt, so dafs das Ni-
Wasserspiegel wie das des todten
Aralsees unter das allgemeine
herabgesunken, je näher sie
die ihnen durch die Dre-
relativ trockne Luftmassen
Nordabhang der Alpen und des Ap-
Regengüssen seine Wiege
Zeit gezeigt habe, nicht
Meere liegt.

Herbstregen etwas bedeutender
worauf bereits Dalton auf-
wird sich mit Entschiedenheit wohl
längere Jahre hindurch durch
wie das von Osler auf der
aufgestellte, alle begleitenden

ka.

		Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr	Anzahl der Jahre
Key West	2	3,75	8,44	9,02	10,17	31,38	5
Indian Key	2	3,81	6,60	12,04	16,55	39,00	2
Ft. Brooke	2	4,91	7,65	36,23	12,78	61,570	3
Cedar Key	2	2,60	2,40	19,40	9,80	44,20	1
Mobile	3	8,27	14,24	18,00	13,90	64,41	2
N. Orleans barr.	2	5,93	9,58	13,51	10,27	50,108	4
N. Orleans	2	1,64	10,20	15,15	9,11	46,10	
St. Francisville	3	3,67	16,55	13,08	11,97	55,27	
Natchez	3	6,44	14,92	13,56	13,40	58,31	8
Vicksburg	3	6,04	11,25	8,94	12,09	48,247	2
Ft. Jesup	3	1,79	13,05	11,78	9,80	46,243	6
Ft. Towson	3	9,58	16,53	15,42	13,90	55,88	6
Ft. Smith	3	1,64	11,98	9,54	9,35	42,51	2
Ft. Gibson	3	5,11	10,93	8,41	10,14	34,59	6
Jefferson barr.	3	6,23	10,34	7,60	8,55	32,72	
St. Louis	3	6,52	11,87	14,35	8,80	39,67	
Ft. Leavenworth	3	2,59	6,55	12,60	7,79	30,19	6
Ft. Crawford	4	3,54	6,44	12,17	8,04	31,35	6
Ft. Winnebago	4	2,45	4,87	12,47	8,24	28,20	6
Ft. Snelling	4	2,14	4,90	9,64	6,81	23,88	6
Savannah	3	8,26	9,76	20,80	6,73	45,55	14
Charleston	3	9,49	8,40	18,68	11,61	48,09	15
Ft. Monroe	3	14,43	12,24	20,34	13,57	60,58	6
Washington	3	7,66	8,75	10,45	7,76	34,62	16
		7,01	8,59	10,16	9,26	35,02	8
Ft. Mc. Henry	3	10,36	12,77	11,94	8,32	43,39	6
Baltimore	3	8,98	9,56	11,81	10,63	40,98	8
Philadelphia	3	10,49	11,58	13,43	10,56	46,06	5
Philadelphia		8,43	9,88	12,28	8,50	39,09	9
Germantown	4	8,81	8,56	10,95	9,78	38,10	
West Chester	3	10,14	12,03	13,31	11,46	46,94	10
Providence	4	9,29	10,04	9,41	10,21	38,922	19
New Haven	4	7,71	11,00	14,52	17,40	50,63	2
New Bedford	4	11,15	12,56	12,62	13,11	49,43	5
Ft. Constitution	4	6,16	8,59	9,17	6,51	30,18	4
Ft. Preble	4	11,07	7,93	8,68	9,13	36,82	2
Cambridge	4	9,84	10,65	11,10	12,18	43,76	9
Ft. Sullivan	4	1,53	8,55	9,54	9,74	30,38	2
Houlton	4	7,11	7,86	12,56	10,29	38,13	6

Moussons verräth, da von seinen 27" 20 auf die drei Sommermonate kommen.

Sowohl die Zeit, in welcher die gröfste Regenmenge herabfällt, als die mit dem Süden gemeinsame Verminderung des atmosphärischen Drucks schliefst also Centralasien durchaus an Hindostan an; von einer subtropischen Zone ist hier ebenso wenig etwas zu finden als in America. In Redutkale am Südabhang des Kaukasus fallen 58", in Kutais 50, in Tiflis nur 19, da hier in SW bereits hohe Gebirgsketten vorliegen. Die in Lenkoran 43" betragende Regenmenge, deren Vertheilung an subtropischen Regen erinnert, sinkt jenseits der Hauptkette des Kaukasus in Baku auf 13,4, in Derbent auf 15,7 herab, ein Beweis, dafs die Quelle jener Niederschläge nicht in dem jene Orte bespülenden caspischen Meer zu suchen, sondern nach SW hin liegt. Die unerhebliche Regenmenge scheint darauf zu deuten, dafs den über Africa aufsteigenden Luftmassen der begleitende Wasserdampf fehlt und daher von Africa nach dem Innern von Asien hinauf in der Richtung von SW nach NO ein wüster Gürtel hinzieht, in welchen die Verdunstung den Niederschlag überwiegt, so dafs das Niveau eingeschlossener Wasserspiegel wie das des todten Meeres, des Caspi und Aralsees unter das allgemeine Meeresniveau desto stärker herabgesunken, je näher sie der Aequatorialgegend liegen, die ihnen durch die Drehung der Erde abgelenkte nur relativ trockne Luftmassen zuführt, während am Südabhang der Alpen und des Appennin der Scirocco in mächtigen Regengüssen seine Wiege verräth, die, wie ich vor längerer Zeit gezeigt habe, nicht in Africa, sondern im westindischen Meere liegt.

Warum in England die Herbstregen etwas bedeutender werden als die Sommerregen, worauf bereits Dalton aufmerksam gemacht hat, wird sich mit Entschiedenheit wohl erst feststellen lassen, wenn längere Jahre hindurch durch registrirende Instrumente, wie das von Osler auf der Sternwarte von Liverpool aufgestellte, alle begleitenden

ka.

	B	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr	Anzahl der Jahre
Key West	2	3,75	8,44	9,02	10,17	31,38	5
Indian Key	2	3,81	6,60	12,04	16,55	39,00	2
Ft. Brooke	2	4,91	7,65	36,23	12,78	61,570	3
Cedar Key	2	2,60	2,40	19,40	9,80	44,20	1
Mobile	3	8,27	14,24	18,00	13,90	64,41	2
N. Orleans barr.	2	5,93	9,58	13,51	10,27	50,108	4
N. Orleans	2	1,64	10,20	15,15	9,11	46,10	
St. Francisville	3	3,67	16,55	13,08	11,97	55,27	
Natchez	3	6,44	14,92	13,56	13,40	58,31	8
Vicksburg	3	6,04	11,25	8,94	12,09	48,247	2
Ft. Jesup	3	1,79	13,05	11,78	9,80	46,243	6
Ft. Towson	3	9,58	16,53	15,42	13,90	55,88	6
Ft. Smith	3	1,64	11,98	9,54	9,35	42,51	2
Ft. Gibson	3	5,11	10,93	8,41	10,14	34,59	6
Jefferson barr.	3	6,23	10,34	7,60	8,55	32,72	
St. Louis	3	6,52	11,87	14,35	8,80	39,67	
Ft. Leavenworth	3	2,59	6,55	12,60	7,79	30,19	6
Ft. Crawford	4	3,54	6,44	12,17	8,04	31,35	6
Ft. Winnebago	4	2,45	4,87	12,47	8,24	28,20	6
Ft. Snelling	4	2,14	4,90	9,64	6,81	23,88	6
Savannah	3	8,26	9,76	20,80	6,73	45,55	14
Charleston	3	9,49	8,40	18,68	11,61	48,09	15
Ft. Monroe	3	4,43	12,24	20,34	13,57	60,58	6
Washington	3	7,66	8,75	10,45	7,76	34,62	16
		7,01	8,59	10,16	9,26	35,02	8
Ft. Mc. Henry	3	0,36	12,77	11,94	8,32	43,39	6
Baltimore	3	8,98	9,56	11,81	10,63	40,98	8
Philadelphia	3	0,49	11,58	13,43	10,56	46,06	5
Philadelphia		8,43	9,88	12,28	8,50	39,09	9
Germantown	4	8,81	8,56	10,95	9,78	38,10	
West Chester	3	0,14	12,03	13,31	11,46	46,94	10
Providence	4	9,29	10,04	9,41	10,21	38,922	19
New Haven	4	7,71	11,00	14,52	17,40	50,63	2
New Bedford	4	1,15	12,56	12,62	13,11	49,43	5
Ft. Constitution	4	6,16	8,59	9,17	6,51	30,18	4
Ft. Preble	4	1,07	7,93	8,68	9,13	36,82	2
Cambridge	4	9,84	10,65	11,10	12,18	43,76	9
Ft. Sullivan	4	1,53	8,55	9,54	9,74	30,38	2
Houlton	4	7,11	7,86	12,56	10,29	38,13	6

ept.	Oct.	Nov.	Dec.	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr	Anzahl der Jahre
,435	2,994	3,402	4,345	13,99	13,96	14,41	8,83	51,13	9
,134	4,392	3,970	3,000	11,99	15,05	14,47	13,50	55,00	$5\frac{1}{2}$
,572	2,868	2,932	3,552	10,33	11,89	13,98	8,37	44,54	6
,80	2,84	1,62	3,94	12,29	10,51	12,79	7,26	42,85	
,02	2,08	4,20	1,40	0,73	0,67	9,31	9,30	21,61	1
,42	3,64	3,72	3,72	9,92	11,89	14,61	10,78	47,20	13
,174	3,066	3,051	3,789	9,64	9,74	13,12	9,29	41,79	25
,410	2,705	2,918	2,371	6,91	10,41	10,92	9,03	37,27	13
,40	2,90	2,80	2,60	8,50	10,00	11,60	8,10	38,20	15
,337	2,133	1,707	2,187	5,03	9,08	8,77	6,18	29,64	3
,353	2,770	2,067	2,993	7,35	8,49	11,55	12,19	38,52	2
,963	3,893	2,453	2,623	6,93	13,53	19,26	9,31	49,22	3
,00	5,63	2,63	1,00	3,28	11,13	7,40	10,26	32,07	1
,61	3,10	2,40	1,45	4,21	8,93	8,63	8,11	29,86	2
,02	3,75	3,80	1,75	4,31	7,31	9,95	9,57	31,17	1
,70	4,86	2,41	1,51	2,93	9,28	10,10	8,97	31,26	1
,828	2,49	2,437	1,23	3,21	8,40	14,82	7,76	34,19	$5\frac{1}{2}$
,518	3,218	3,355	1,577	4,55	4,60	9,34	11,09	29,59	6
,27	12,32	8,51	8,65	23,77	18,32	15,75	32,10	89,94	7
,610	2,812	3,229	1,709	5,091	7,014	10,042	10,651	32,798	9
,762	4,335	3,811	4,866	11,820	11,356	11,026	11,908	46,110	8
,81	4,05	3,01	2,27	9,05	9,98	11,69	8,87	39,59	
,82	4,43	5,83	3,55	12,90	12,83	14,08	16,08	55,89	
,179	1,449	2,201	1,720	5,656	8,783	11,861	7,829	34,129	
,130	4,067	2,328	3,030	9,269	11,552	10,026	9,525	41,009	
,208	3,265	4,267	4,108	9,068	11,235	10,462	10,740	41,755	4
2,97	0,80	3,66	5,43	15,86	12,37	19,13	7,43	60,79	1
1,181	3,779	4,216	4,104	9,836	10,649	10,096	12,176	42,757	8
2,430	2,414	2,430	2,980	6,723	8,436	10,144	7,274	32,577	$5\frac{1}{3}$
3,022	3,522	2,863	2,273	7,101	11,114	8,662	9,407	36,284	

eren Niveau.

ept.	Oct.	Nov.	Dec.	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr	Anzahl der Jahre
− 0,3	− 0,9	− 6,0	− 3,7	− 4,50	0,13	6,87	− 2,40		7
3,9	+ 0,7	− 2,0	− 2,8	−11,47	0,33	10,37	0,87		1

		Herbst	Jahr a)	Jahr b)	Anzahl der Jahre	
East Hampton	59	9,889	37,930	38,59	16 (14)	Clinton
Oysterbay	77	5,623	37,740		(2½)	
Jamaica	54	9,832	37,818	39,22	23 (23)	Union Hall
Flattbush	37	10,151	41,856	43,21	23 (22)	Erasmus Hall
New York	41	11,740	46,885		(5)	
Ft. Columbus	04	9,510	35,273		3	
Ft. Wood	2	9,405	52,70		2	
Mount Pleasant	25	9,207	36,638	36,19	12 (12)	
North Salem	50	10,788	41,151	40,39	16 (17)	
Goshen	54	7,957	33,037		(10)	Farmers Hall
Montgomery	68	8,735	34,692	34,95	14 (12)	
Newburgh	24	9,726	34,706	35,65	17 (19)	
Poughkeepsie	23	8,921	36,717	38,86	13 (15)	Duttchess
Kingston	18	9,790	36,845	37,53	18 (18½)	
Redbook	76	7,242	33,018		(11)	
Hudson	23	9,112	35,514	36,60	16 (14)	
Kinderhook	10	8,715	36,014	36,40	17 (16)	
Canajoharie	5	10,31			1	
Albany	1	10,27	40,67		(27)	
Lansinburgh	99	8,768	32,634	34,01	20 (19)	
Cambridge	44	9,497	37,458		(11)	
Salem	12	9,056	32,811		(7)	Washington
Granville	66	8,460	30,264		13	
Schenectady	61	8,102	46,487		(4½)	
Oneida Instit.	08	7,944	30,049		(7)	
Watervliet	31	8,711	30,856		4	
Johnstown	52	9,807	39,640	39,89	14 (12)	
Fairfield	33	9,224	37,008	36,53	16 (16½)	
Utica	53	9,918	39,991	40,57	19 (16)	
Mexico	30	10,199	31,486		(12)	Renselaer Oswego
Belville	95	9,968	30,840		(9)	Union
Lowville	41	9,352	32,176	32,46	18 (15)	
Sommerville	30	8,605	29,925		(2)	
Gouverneur	68	8,162	27,472			
Plattsburgh	80	10,264	38,094		(3)	
Potsdam	99	8,536	28,731	28,05	19 (19)	St. Lawrence
Delhi	83	9,220	35,450		(3)	Delaware
Hartwick	76	8,671	33,556	37,09?	14 (13)	
Cherry Valley	82	10,367	39,369	40,83	14 (12)	
Oxford	44	9,326	36,224	35,95	18 (16)	

1) Die ein bezeichnet die Anzahl der Beobachtungszeiten, aus wel-. cher da

ec.	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr *a*)	Jahr *b*)	Anzahl der Jahre	Anderer Name der Station
352	11,454	10,606	12,928	9,045	41,033		(4)	
544	7,495	7,359	10,547	8,856	34,257	34,95	17 (17)	
029	7,501	9,165	12,124	10,075	38,868	38,34	19 (18)	Oneida Conference
083	5,364	7,250	9,347	8,292	30,253		13 (16½)	
310	6,440	7,714	9,995	9,026	33,175	30,78	(4½)	Cayuga
012	3,781	5,505	11,336	7,174	27,802	29,46	15 (14)	
385	5,216	6,899	10,892	8,578	31,585	31,40	16 (13)	
021	7,432	8,966	9,044	11,391	36,833		7	
230	7,440	8,295	6,930	8,785	31,450			
763	7,319	8,135	9,816	9,538	34,808	34,25	20 (20)	
180	6,254	8,215	9,836	8,642	32,947		(9)	
146	4,316	7,407	9,382	6,863	27,968		16	
84	8,093	9,833	11,406	8,539	37,871		(9½)	
640	2,520	5,200	9,430	8,670	25,82		(2)	
96	4,83	8,16	11,62	12,70	37,31		1	
385	3,870	6,125	8,020	7,790	25,805		(2)	Mouroe
342	5,697	6,972	8,867	9,067	30,603	31,09	16 (20)	
16	4,364	7,795	9,368	7,629	29,156	30,47	17 (14)	
75	3,422	5,532	7,384	6,421	22,559		(12)	
97	6,440	5,924	6,825	9,455	28,644		(6½)	
00	5,860	6,950	11,190	13,445	37,445			
44	6,872	7,581	10,203	11,787	36,443	36,51	17 (16½)	

Dec.	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr	Anzahl der Jahre
27,76	7" 11"',08	6" 9"',90	8" 0"',76	7" 5"',03	30" 2"',77	6
14,27	6 0 ,17	7 0 ,63	7 7 ,50	7 8 ,60	28 4 ,90	3
18,27	5 1 ,28	6 8 ,42	7 7 ,38	5 8 ,45	25 1 ,53	6
20,63	4 11 ,22	6 8 ,34	8 0 ,36	6 0 ,38	24 8 ,30	4
33,07	6 11 ,97	5 11 ,65	6 8 ,12	5 4 ,50	25 0 ,24	4
15,60	5 3 ,37	6 8 ,55	8 1 ,20	5 6 ,93	25 8 ,25	5
9,50	5 1 ,74	6 5 ,63	8 0 ,17	6 0 ,74	25 8 ,28	3
8,12	3 2 ,97	4 9 ,94	6 6 ,75	4 4 ,78	19 0 ,44	3
15,73	4 8 ,88	6 9 ,85	7 8 ,68	5 6 ,65	24 10 ,06	6
24,12	6 8 ,16	5 5 ,57	6 0 ,68	7 10 ,17	26 0 ,58	

	rühling	Sommer	Herbst	Jahr	Anzahl der Jahre
Gütersloh *a*)	9‴,67	7″ 11‴,41	6″ 8‴,99	26″ 11‴,76	6
b)	7 ,27	8 5 ,72	7 0 ,47	28 4 ,01	13⅓
Paderborn	9 ,25	9 4 ,50	6 8 ,03	28 2 ,37	6
Salzufeln	8 ,30	6 6 ,02	5 10 ,47	22 3 ,62	6
Brocken	10 ,64	11 10 ,14	15 3 ,84	48 8 ,21	2½
Ballenstedt	6 ,10	13 3 ,58	10 2 ,36	41 3 ,89	3
Heiligenstadt	10 ,09	8 11 ,49	6 7 ,41	26 11 ,68	6
Mühlhausen	8 ,88	5 9 ,93	3 6 ,36	17 11 ,42	4½
Erfurt *a*)	4 ,37	6 5 ,90	5 2 ,70	20 9 ,29	6
b)	8 ,7	4 11 ,9	2 8 ,8	12 4 ,8	
Gotha	8 ,18	8 9 ,86	6 2 ,71	24 4 ,29	6
Ziegenrück	0 ,72	9 6 ,28	6 5 ,30	25 8 ,27	3
Halle	3 ,55	6 4 ,01	4 8 ,64	19 6 ,35	3
Torgau	4 ,54	6 11 ,52	5 11 ,11	22 6 ,58	6
Potsdam *a*)	7 ,46	5 8 ,80	4 2 ,83	18 0 ,35	6
b)	6 ,09	6 0 ,26	4 5 ,01	18 8 ,01	8
Berlin	3 ,77	6 7 ,85	5 1 ,44	22 1 ,92	6
Salzwedel	2 ,90	7 4 ,22	6 5 ,38	22 9 ,67	6
Frankfurt	3 ,45	6 0 ,38	4 9 ,49	19 11 ,85	6
Sagan	1 ,2	5 10 ,3	3 8 ,5	15 9 ,7	
Görlitz	0 ,25	8 8 ,15	7 3 ,37	26 7 ,98	6
Zechen	5 ,52	6 9 ,00	5 6 ,60	20 11 ,88	6
Breslau	0 ,95	6 1 ,87	3 7 ,93	14 9 ,24	3½
Neisse	0 ,55	4 4 ,36	3 0 ,17	16 5 ,44	6
Ratibor	1 ,95	9 1 ,57	5 7 ,09	22 14 ,44	6
Posen	7 ,40	6 4 ,99	5 7 ,18	19 4 ,39	6
Stettin	3 ,71	6 0 ,34	4 10 ,77	18 9 ,47	
Stralsund	1 ,02	6 0 ,61	5 11 ,61	20 2 ,00	3
Cöslin	2 ,27	7 6 ,03	8 3 ,47	24 1 ,86	6
Schönberg	6 ,20	8 5 ,60	5 7 ,48	22 9 ,03	3
Danzig	8 ,51	7 2 ,56	5 10 ,91	19 6 ,74	3
Königsberg	8 ,61	7 6 ,03	7 9 ,07	24 7 ,52	6
Arys *a*)	5 ,52	8 9 ,13	5 7 ,45	21 9 ,27	6
b)	0 ,13	10 3 ,93	5 4 ,79	23 8 ,12	18

	Vinter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr	Anzahl der Jahre
Petersburg	2,933	2,888	6,736	5,105	17,65	16
Bogeslowsk	1,845	3,239	8,147	3,784	17,02	15
Slatust	1,352	2,751	9,324	3,914	17,34	16
Catharinenburg	0,762	2,557	9,365	2,018	14,76	17
Tagilsk	2,640	4,976	9,083	3,051	19,75	4

	Oct.	Nov.	Dec.	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr	Anzahl der Jahre
2	0,834	0,687	0,446	0,864	1,779	6,396	2,763	11,80	15
7	0,729	0,393	0,160	0,326	1,677	12,059	3,389	17,45	12
	3,24	1,57	0,71	1,65	3,31	15,14	15,14	35,24	2
9	0,844	0,169	0,190	0,526	2,671	20,513	3,222	26,93	7
3	0,520	1,175	0,995	1,948	5,571	9,275	4,018	20,81	4
3	1,017	1,380	0,879	2,285	3,567	4,989	3,020	13,86	15
7	2,987	2,210	5,763	17,763	10,958	18,554	11,504	58,254	3
9	4,467	4,497	7,667	20,143	11,353	14,563	13,394	59,437	3
	0,17	0,36	0,31	1,04	2,34	1,93	0,87	6,18	2
5	0,722	1,020	0,795	1,879	6,249	7,625	3,497	19,280	6
	0,04	0,28	0,72	—	5,18	9,38	3,90		1
	0,91	2,22	0,62	2,45	5,21	3,20	3,66	14,52	1
	1,50	0,29	1,53	3,00	4,64	5,99	3,89	17,52	2
7	3,877	6,717	7,113	12,206	10,390	3,430	16,771	42,780	3
3	2,223	1,113	2,373	4,323	3,340	1,477	3,069	13,377	3
	1,99	0,76	2,96	3,65	3,23	2,13	6,71	15,72	

Phänomene des Niederschlags, besonders Richtung und Intensität des Windes genau bestimmt werden.

Die Vertheilung der Regenmenge in der jährlichen Periode ist daher in verschiedenen Gegenden sehr verschieden; sie kann aber auch in entfernten Localitäten der Zeit nach dieselbe werden, obgleich ihrem Ursprung nach äufsert verschieden seyn. Ohne Berücksichtigung dieser Bedingungen quantitativ Gleiches in graphischen Darstellungen unter einander verbinden, erschwert das Verständnifs, statt es zu fördern.

(Hier folgt die Tabelle.)

IV. *Ueber Diffusion; von Dr. Adolf Fick,*

Prosector in Zürich.

Die Hydrodiffusion durch Membranen dürfte billig nicht blofs als einer der Elementarfactoren des organischen Lebens sondern auch als ein an sich höchst interessanter physikalischer Vorgang weit mehr Aufmerksamkeit der Physiker in Anspruch nehmen als ihr bisher zu Theil geworden ist. Wir besitzen nämlich eigentlich erst vier Untersuchungen, von Brücke [1]), Jolly [2]), Ludwig [3]) und Cloetta [4]) über diesen Gegenstand, die seine Erkenntnifs um einen Schritt weiter gefördert haben. Vielleicht ist der Grund dieser spärlichen Bearbeitung zum Theil in der grofsen Schwierigkeit zu suchen, auf diesem Felde genaue quantitative Versuche anzustellen. Und in der That ist diese so grofs, dafs es mir trotz andauernder Bemühungen noch nicht hat gelingen wollen, den Streit der Theorien zu

1) Pogg. Ann. Bd. 58, S. 77.
2) Zeitschrift für rationelle Medicin, auch d. Ann. Bd. 78, S. 261.
3) Ibidem, auch d. Ann. Bd. 78, S. 307.
4) Diffusionsversuche durch Membranen mit zwei Salzen. Zürich 1851.

einem definitiven Abschlufs zu bringen. Gleichwohl veröffentliche ich das, was ich bis jetzt gefunden habe, theils weil ich den oben citirten Arbeiten doch schon einiges neue experimentelle Material hinzufügen kann und vor der Hand noch keinen Weg sehe in der nächsten Zukunft zu besseren Resultaten zu kommen, theils um bei dieser Gelegenheit gewisse mechanische Gesichtspunkte nachdrücklicher zu betonen, die in den früheren Arbeiten weniger hervorgehoben wurden, namentlich in Betreff der Verknüpfung zwischen der eigentlichen Diffusion durch poröse Körper hindurch und der einfachen Verbreitung eines löslichen Körpers in seinem Lösungsmittel.

Ueber das letztgenannte Phänomen ist bekanntlich vor mehreren Jahren eine umfangreiche Arbeit von Graham [1]) erschienen, die ein überaus reiches Material von qualitativen und quantitativen Versuchen enthält. Jene sind selbstverständlich durchweg von bleibendem grofsem Werthe; diese jedoch büfsen grofsentheils viel an Interesse dadurch ein, dafs die ganze Untersuchung nicht auf der Untersuchung des Elementarvorganges als Unterlage ruht. Ich sah mich daher veranlafst die einfache Diffusion von Lösungen ohne Dazwischenkunft von porösen Membranen noch einmal zu prüfen und namentlich das Grundgesetz zu finden, welchem der Elementarvorgang von Schicht zu Schicht unterworfen ist.

Die Natur des Gegenstandes — einer eigentlichen Molecularbewegung — mag hier ein etwas weiteres Ausholen rechtfertigen. Man hat viel geschrieben und gestritten über den Unterschied der chemischen Affinitätskräfte und der Kräfte, welche die Lösung eines Körpers in einer Flüssigkeit bewirken; mir scheint es als könne man sich an der Hand der einfachen atomistischen Hypothese, die wohl von den meisten Physikern mindestens als gutes Hülfsmittel für Uebersicht, Anschauung und Erfindung gebilligt wird, bis zu einem gewissen Grade davon mechanisch Rechenschaft geben. Wenn man nämlich annimmt, dafs zweierlei Arten

1) Liebig's Ann. Bd. 77 u. 80.

von Atomen im leeren Raume zerstreut sind, deren ersteren (die ponderabelen) dem Newton'schen Attractionsgesetze folgen, während die anderen — die Aetheratome — einander abstofsen ebenfalls im zusammengesetzten Verhältnifs ihrer Massen, aber proportional einer Function der Entfernung $f(r)$, welche rascher abnimmt als der reciproke Werth der zweiten Potenz; wenn man ferner noch annimmt, die ponderabelen Atome und Aetheratome ziehen einander gegenseitig an mit einer Kraft, die ebenwohl dem Producte der Massen, ferner aber einer anderen Function des Abstandes $\varphi(r)$ proportional ist, die *noch rascher* abnimmt als die vorige, wenn man, sage ich, diefs annimmt, so sieht man ohne weiteres, dafs um jedes ponderabele Atom, als Kern, eine verdichtete Aethersphäre gelagert seyn mufs, die, wofern das ponderabele Atom kugelförmig gedacht werden darf, aus concentrischen Kugelschalen bestehen wird, deren jede eine bestimmte Dichtheit des Aethers hat, so dafs die Dichtheit des Aethers in irgend einem Punkte, wenn man unter r den Abstand desselben vom Centrum eines isolirten ponderabelen Atomes versteht, ausgedrückt werden kann durch $f_1(r)$, eine Function von r, die jedenfalls für ein sehr grofses Argument einen Werth annehmen mufs, welcher der Dichtheit im allgemeinen Aethermeer gleich kommt. Die Bestimmung dieser Function $f_1(r)$ sollte nun eigentlich das erste Problem der Molecularphysik seyn. Die analytischen Schwierigkeiten dieses Problems mögen hier unerörtert bleiben, da uns die Natur der Functionen $f(r)$ und $\varphi(r)$ vollkommen unbekannt ist und daher vor der Hand an eigentliche analytische Lösung doch nicht gedacht werden kann. Ein anderer Umstand darf jedoch hier nicht unerörtert bleiben, der vielleicht bei Manchem logischen Anstand finden dürfte. Abstrahirt man nämlich ganz von der räumlichen Ausdehnung der Atome, indem man sie als geometrische Punkte mit Masse und Kräften ausgerüstet ansieht, so ist bei den oben angenommenen Eigenschaften der Functionen $f(r)$ und $\varphi(r)$ klar, dafs die Dichtheit des Aethers unendlich nahe am Centrum

des ponderabelen Atoms *unendlich grofs* seyn mufs, was offenbar physikalisch unzulässig ist. Man entgeht dieser Schwierigkeit sofort, wenn man den Atomen noch endliche räumliche Ausdehnung und Undurchdringlichkeit (absolute Starrheit) beilegt, denn alsdann sind in der Function $f_1(r)$ unendlich kleine Werthe von r durch die Natur der Sache ausgeschlossen. Man bereitet sich freilich durch diese Annahme die logische Schwierigkeit gleichzeitig annehmen zu müssen, dafs einer bewegenden Kraft das Gleichgewicht gehalten werde nicht durch eine andere Kraft, sondern durch die blofse Existenz der Materie. Mir scheint diese keineswegs unübersteiglich; wem sie aber das ist, der wird allerdings nach einer besseren Hypothese sich umsehen müssen.

Haben wir nun einmal die ponderabelen Atome mit ihren Aethersphären — wir wollen sie Molecule nennen — so ist es, meine ich, nicht schwer sich eine Anschauung von den verschiedenen molecularen Vorgängen zu bilden. Vor allem fällt in die Augen, dafs bei einem Aggregat von (gleichartigen) Moleculen unter Umständen die Abstofsung, die zwischen den Aethersphären stattfindet, die Anziehung zwischen den ponderabelen Kernen überwiegen kann — ein solches Aggregat würde einen gasförmigen Körper darstellen. Ferner kann aber auch bei einer gewissen Moleculardistanz die Abstofsung der Aethersphären gerade der Anziehung zwischen den ponderabelen Kernen das Gleichgewicht halten, was beim festen und flüssigen Aggregatzustande stattfinden mufs; und zwar wird der flüssige Zustand einer solchen Moleculardistanz entsprechen, bei welcher die Aethersphären ihre Kugelgestalt noch nahezu beibehalten; hingegen wird, wenn durch relativ starke Anziehung der ponderabelen Kerne die Molecule so nahe aneinander rücken, dafs die Aethersphären durch gegenseitigen Einflufs sich mehr polyedrischen Gestalten annähern, der feste Aggregatzustand eintreten, weil in diesem Falle ein vollkommen stabiles Gleichgewicht statthat, das eine Verschiebung und Drehung der Molecule nicht zuläfst. Wie die Wärme mitwirkt zum Zustandekommen eines bestimm-

ten Molecularabstandes habe ich kürzlich in einer eigenen kleinen Notiz [1]) anschaulich zu machen versucht, enthalte mich daher hier aller Bemerkungen darüber. Dafs übrigens für einen sehr grofsen Abstand unter allen Umständen die Anziehung der ponderabelen Kerne als am langsamsten abnehmend allein merklich wirkend übrig bleibt, bedarf keiner besonderen Ausführung sowie das Gesetz derselben (das Newton'sche).

Kommen ungleichartige Molecule einander nahe, so ist vor allem folgendes zu beachten: Da die Anziehung zweier Molecule die Differenz zweier Kräfte (der Anziehung der ponderabelen Kerne und der Abstofsung der Aethersphären) ist, so ist keineswegs wahrscheinlich, dafs sich zwei schwerere Molecule — mit grofser ponderabeler Masse — nothwendig stärker anziehen müssen als zwei leichtere oder ein leichteres und ein schwereres gegenseitig. Im Gegentheil werden schwere Atome auch eine grofse Aethersphäre um sich haben und folglich bei ihnen auch der Subtrahend jener Differenz grofs seyn. Für zwei leichtere Atome ist der Subtrahend klein, freilich auch der Minuend kleiner. Bei unserer Unbekanntschaft mit den Functionen $f(r)$ und $\varphi(r)$, die uns hindert die Function $f_1(r)$ kennen zu lernen und uns demgemäfs auch jede Kenntnifs abschneidet über das Verhältnifs, was zwischen der Masse des ponderabelen Atoms und der Masse des darum verdichteten Aethers besteht, können wir freilich im Einzelnen über die Stärke der Anziehung nichts aussagen; jedenfalls läfst sich aber aus dem so eben Bemerkten mit Grund vermuthen, dafs im Allgemeinen gerade zwischen recht ungleichartigen Moleculen eine stärkere Anziehung statthabe als zwischen gleichartigen. Es kann nun offenbar die Anziehung zwischen solchen so grofs seyn, dafs sie gewissermafsen mit ihren Aethersphären in einander eindringen, d. h. dafs sich ein neues stabiles System bildet mit zwei ponderabelen Kernen (die jedoch immer noch durch Aether gefüllte Zwischenräume von einander getrennt bleiben) und einer gemein-

1) Pogg. Ann. Bd. 91, S.287.

schaftlichen (natürlich nicht mehr kugelförmigen) Aethersphäre. In ähnlicher Weise werden auch stabile Systeme mit drei und mehr ponderabelen Kernen entstehen können. Kommen so zwei Aggregate von Moleculen zusammen, die mit den mechanischen Eigenschaften solcher Systembildung ausgerüstet sind, so ist sehr annehmbar, dafs unter gleichen Bedingungen auch lauter gleichartige Systeme (sey es zu zwei oder zu drei oder zu einer anderen bestimmten Anzahl ponderabeler Kerne) gebildet werden und dafs die überschüssigen Molecule des einen oder des anderen Aggregats unverbunden bleiben. Man erkennt in diesen Systemen die *chemischen* Verbindungen nach festem Verhältnifs der verbundenen Massen, die in der Regel *kleine* Multipla gewisser Grundverhältnifszahlen seyn müssen. Dafs solche complexe Molecule (so können wir jene Systeme nennen) in manchen Beziehungen wie einfache sich verhalten, leuchtet ein. Es kann sich aber bei der Annäherung verschiedenartiger Molecule auch noch ein anderer bemerkenswerther Fall ereignen. Seyen, um es mit bestimmten Vorstellungen zu thun zu haben, zwei Aggregate von Moleculen miteinander in (sogenannter) Berührung; das eine enthalte Molecule von der Gattung A, das andere von der Gattung B; nun sey die Anziehung zwischen einem A und einem B zwar stärker als die sowohl zwischen A und A als auch die zwischen B und B, aber doch nicht so stark, dafs A und B eine chemische Verbindung eingehen, d. h. also wenn sich A und B ein wenig genähert haben, halte wiederum die Abstofsung der Aethersphären der Anziehung das Gleichgewicht, ohne dafs sie zu einem festen System zusammengetreten wären. Offenbar ist dieser Fall mechanisch denkbar. Es wird nun eine Bewegung beginnen, die Molecule A werden eindringen in den Raum, den vorher der Aggregat B einnahm, und umgekehrt. Diese Bewegung kann nicht eher aufhören und einem Gleichgewicht Platz machen, als bis in dem ganzen Raume, der von A und B zusammen eingenommen war, eine gleichmäfsige Vertheilung der Molecule A und B statthat, so dafs in einer Raumeinheit ebenso viele

viele von den Moleculen A sich finden als in der anderen, und dasselbe von den Moleculen B gilt. Der so eben beschriebene Vorgang ist unter dem Namen der Diffusion bekannt.

Es wäre jetzt die erste Aufgabe, das Grundgesetz für diesen Bewegungsvorgang aus den allgemeinen Bewegungsgesetzen herzuleiten; und diefs wäre auch, glaube ich, wohl möglich ohne die Functionen $f(r)$ und $\varphi(r)$ zu kennen. Meine dahin gerichteten Bestrebungen haben indessen keinen Erfolg gehabt. Dahingegen drängte sich mir beim ersten Ueberlegen jenes Grundgesetzes eine sehr nahe liegende Vermuthung auf, die es mir experimentell aufser allen Zweifel zu stellen gelungen ist. In der That wird man zugeben, dafs von vorn herein nichts wahrscheinlicher sey als diefs: Die Verbreitung eines gelösten Körpers im Lösungsmittel geht, wofern sie ungestört unter dem ausschliefslichen Einflufs der Molecularkräfte stattfindet, nach demselben Gesetze vor sich, welches Fourier für die Verbreitung der Wärme in einem Leiter aufgestellt hat, und welches Ohm bereits mit so glänzendem Erfolge auf die Verbreitung der Elektricität (wo es freilich bekanntlich nicht streng richtig ist) übertragen hat. Man darf nur in dem Fourier'schen Gesetz das Wort Wärmequantität mit dem Worte Quantität des gelösten Körpers, und das Wort Temperatur mit Lösungsdichtigkeit vertauschen. Der Leitungsfähigkeit entspricht in unserem Falle eine von der Verwandtschaft der beiden Körper abhängige Constante.

Das Gesetz kann nun in Bezug auf die Verbreitung eines in Wasser löslichen Salzes, dessen specifisches Gewicht das des Wassers übertrifft, in diesem letzteren so ausgedrückt werden (wobei auf die kleine Verdichtung bei der Mischung ungleich concentrirter Lösungen keine Rücksicht genommen wird): In einer Masse von Salzlösung sey in jeder horizontalen Elementarschicht die Concentration constant und $= y$ einer Function der Höhe x dieser Schicht über irgend einer als Anfang angenommenen Horizontalebene, wobei noch die Einschränkung zu machen ist,

dafs die Function y mit wachsendem x abnehmen müsse, d. h. dafs jede höhere Schicht weniger concentrirt (also leichter) als alle darunter liegenden seyn müsse, weil nur in diesem Falle die Diffusion nicht durch die Schwere gestört wird; dann wird aus der Elementarschicht zwischen den Horizontalebenen bei x und $x + dx$ (in welcher die Concentration y ist) während des Zeitdifferentials dt in die nächst höher liegende, von den Horizontalebenen bei $x + dx$ und $x + 2dx$ begränzte, in welcher die Concentration $y + \frac{dy}{dx} dx$ herrscht, eine Salzmenge übertreten $= -Q.k.\frac{dy}{dx} dt$, wo Q die Oberfläche der Schicht und k eine von der Natur der Substanzen abhängige Constante bedeutet. Gleichzeitig tritt natürlich eine an Volum jener Salzmenge gleiche Wassermenge aus der oberen Schicht in die untere.

Genau nach dem Muster der Fourier'schen Entwickelung für den Wärmestrom leitet man aus diesem Grundgesetze für den Diffusionsstrom die Differentialgleichung her

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -k\left(\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \frac{1}{Q}\frac{dQ}{dx}\cdot\frac{\partial y}{\partial x}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

wenn der Querschnitt Q des Gefäfses, in welchem der Strom statthat, eine Function seiner Höhe über dem Boden ist. Ist der Querschnitt constant (d. h. das Gefäfs cylindrisch oder prismatisch), so vereinfacht sich die Differentialgleichung zu

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -k\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Es standen nun zur experimentellen Bestätigung dieser Differentialgleichung und folgeweise des oben aufgestellten Grundgesetzes verschiedene Wege offen, die ich sämmtlich mehr oder weniger weit betreten habe. Zunächst konnte man durch Integration der Gleichung (2) $y = f(x, t)$ herstellen und die berechneten Werthe von y mit beobachteten vergleichen. Da aber einmal selbst in den Fällen, wo sich das Integral unter geschlossener Form darstellte, die nume-

rische Auswerthung einer hinreichenden Anzahl von Werthen äufserst mühsam gewesen wäre, und da aufserdem noch andere unzweideutige experimentelle Prüfungen möglich waren, habe ich diese eine gänzlich unterlassen. Ich unterlasse es deshalb auch die einzelnen für specielle Fälle von Diffusionsströmen geltenden particulären Integrale der Gleichung (2) hier zu entwickeln.

Zweckmäfsiger schien es mir im Anfang bei einem Diffusionsstrom zu verschiedenen Zeiten die Werthe von y in verschiedenen Höhen zu messen und dann die Beziehungen zwischen den endlichen Differenzen der beobachteten Gröfsen mit der Beziehung zwischen den Differentialen, wie sie in (2) enthalten sind, zu vergleichen. Da ich auf diesem Wege zu keinem entscheidenden Resultate kam, will ich die in diesem Sinne angestellten Versuche nur ganz kurz im Allgemeinen beschreiben; vielleicht sind sie doch von einigem Interesse. Eine Reihe ganz gleicher cylindrischer Gefäfse wurden zur Hälfte ihrer Höhe mit gesättigter Kochsalzlösung, zur anderen Hälfte mit destillirtem Wasser gefüllt. Man gelangt zu diesem Ziele sehr leicht, wenn man die Gefäfse zuerst halb mit Wasser füllt und dann durch einen auf den Boden reichenden Heber die Kochsalzlösung unter das Wasser fliefsen läfst. Auf diese Weise mischen sich die Flüssigkeiten während des Füllens nicht im mindesten, und man sieht noch eine Zeit lang eine spiegelnde Trennungsfläche. Die Gefäfse blieben hierauf vollkommen ruhig sich selbst überlassen und wurden nach Ablauf verschiedener Zeiten mittelst eines an einer gezahnten Stange abwärts bewegbaren Hebers entleert, und die einzelnen jedesmal $0{,}01^m$ dicken Schichten in gesonderten Gefäfsen aufgefangen, so wie deren Concentration aräometrisch bestimmt. Da alle Bedingungen für die verschiedenen Gefäfse vollkommen gleich waren, so steht nichts im Wege die sämmtlichen gefundenen Werthe von y anzusehen als die für einen einzigen Diffusionsstrom in verschiedenen Höhen zu verschiedenen Zeiten geltenden, und ihre endlichen Differenzen nach der einen und der anderen Ur-

variabeln mit der Differentialgleichung zu vergleichen. Es mufste also $\frac{\frac{\Delta y}{\Delta x}}{\frac{\Delta^2 y}{\Delta x^2}}$ annähernd constant seyn. Die gefundenen Werthe dieses Quotienten schwankten jedoch zwischen sehr weiten Gränzen. Ich glaube diesen Umstand der Unvollkommenheit der Methode des Abhebens der Schichten zuschreiben zu müssen, wobei mischende Strömungen nicht ganz zu vermeiden sind; dabei ist noch zu bedenken, dafs das Nehmen der zweiten Differenz die Wirksamkeit der Fehler aufserordentlich steigert. Trägt man die für einen bestimmten Werth von t gefundenen Werthe von y als Ordinaten einer Curve auf, deren Abscissen die Höhen der betreffenden Schichten über dem Boden des Gefäfses sind, so erhält man eine Curve, die in der unteren Hälfte (soweit im Anfang die Salzlösung reichte) ihre Concavität, in der oberen ihre Convexität der Abscissenaxe zukehrt, so dafs sie in der Mitte (wo ursprünglich die Trennungsfläche der Flüssigkeiten sich befand) einen Wendepunkt hat; die Concentration an dieser Stelle — die Ordinate des Wendepunktes — ist immer — für jeden bestimmten Werth von t — genau die Hälfte der ursprünglich angewandten Salzlösung. Allgemein ist bei einer solchen Curve die Summe zweier von der Mitte gleichweit abstehender Ordinaten constant und gleich der anfänglichen Concentration der angewandten Lösung, so dafs der concave und convexe Theil der Curve einander congruent sind. Je gröfser der bestimmte Werth von t ist, für welchen die Curve verzeichnet wurde, um so mehr nähert sich dieselbe einer der Abscissenaxe parallelen Geraden, deren Abstand von jener gleich kommt der halben Concentration der angewandten Lösung. Alle diese Eigenschaften der Curven liefsen sich nach unserem Grundgesetze mit Berücksichtigung des Anfangszustandes leicht vorhersagen; und es können daher diese Versuche doch gewissermafsen zur Bestätigung des Gesetzes aufgeführt werden.

Als zweiter Prüfstein konnten Fälle benutzt werden, wo ein Diffusionsstrom zu einem stationären Zustand gekommen war, dadurch dafs man die Concentration zweier Schicht ten constant erhielt. Solche Fälle herzustellen hat keine Schwierigkeit. Ich kittete oben und unten offene Gefäfse mit dem einen Ende in ein anderes Gefäfs ein, das mit Kochsalz ganz angefüllt war, füllte hierauf das erstere mi- Wasser oder noch besser schichtenweise mit Salzlösung von annähernd der Concentration, die man in den verschiedenen Höhen im stationären Zustande zu erwarten hat, und stellte hierauf das Ganze in einen grofsen Behälter mit Wasser. So vorgerichtet wurde der Apparat wochenlang sich selbst überlassen und nur von Zeit zu Zeit das Wasser in dem äufseren Behälter erneuert. Da die Bodenschicht — mit dem Reservoir von Salzkrystallen in Berührung — fortwährend absolut gesättigte Lösung enthalten, die Oberflächenschicht an das reine Wasser gränzend beständig die Concentration Null behalten mufste, so mufste sich schliefslich ein stationärer Zustand und dynamisches Gleichgewicht herstellen, das dadurch charakterisirt ist, dafs jede Schicht im Zeitelement von der vorhergehenden ebenso viel Salz empfängt als sie an die folgende abgiebt, so dafs die Concentration in allen Schichten von der Zeit unabhängig ist. Dieser Zustand erhält sich wenn er einmal besteht. Die analytische Bedingung dafür ist also $\frac{dy}{dt} = 0$. Sie stellt sich für einen Diffusionsstrom in einem cylindrischen Gefäfse, der Gleichung (2) zufolge, dar unter der Form:

$$0 = \frac{d^2 y}{dx^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3).$$

Das Integral dieser Gleichung $y = ax + b$ schliefst den Satz ein: »Wenn in einem cylindrischen Gefäfse dynamisches Gleichgewicht statthaben soll, so müssen sich die Concentrationsunterschiede zweier beliebiger Schichtenpaare verhalten wie die Abstände der Schichten in den beiden Paaren«, oder mit anderen Worten: Die Concentrationen

müssen von unten nach oben abnehmen wie die Ordinaten einer geraden Linie. Diesen Satz bestätigt der Versuch vollständig. Zur Bestimmung der Concentrationen in dem den Diffusionsstrom leitenden cylindrischen Gefäfse bediente ich mich jetzt nicht mehr der Methode des schichtenweisen Abhebens, sondern ich senkte ein am Waagebalken hängendes Glaskügelchen in die zu untersuchende Schicht, und berechnete die specifische Schwere aus dem Gewicht, welches auf die andere Waagschale gelegt werden mufste, um das Kügelchen zu balanciren. Diese Methode erweckt auf den ersten Blick wenig Vertrauen, jedoch stellten prüfende Vorversuche dieselbe als hinreichend genau heraus. Es mag genügen die numerischen Resultate eines Versuches herzusetzen:

Tiefe der Schicht unter der Oberfläche:

10mm 32,2 54,4 76,6 98,8 121,0 143,2 165,4 187,6 209,8 220,9.

Spec. Gewicht [1]) derselben:

1,009 1,032 1,053 1,073 1,093 1,115 1,135 1,152 1,170 1,187 1,196.

Dafs die Concentrationen in der Tiefe ein wenig langsamer abnehmen als oben, erklärt sich leicht daraus, dafs der stationäre Zustand noch immer nicht vollkommen erreicht war.

Ein zweiter Fall von dynamischem Gleichgewicht wurde noch beobachtet, indem ein trichterförmiges Gefäfs in der oben beschriebenen Anordnung an die Stelle des cylindrischen gesetzt wurde, mit der Spitze nach unten. Da der Querschnitt jetzt nicht mehr constant war, ergab sich die Bedingung für das dynamische Gleichgewicht aus der allgemeineren Gleichung (1) unter der Form

$$0 = \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \frac{1}{Q} \cdot \frac{dQ}{dx} \cdot \frac{\partial y}{\partial x} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

Für einen geraden Kegel mit kreisförmiger Basis (das trichterförmige Gefäfs) hat man aber $Q = \pi . \alpha^2 x^2$, wenn man den Ursprung in die Spitze des Kegels legt und α die Tangente des halben Oeffnungswinkels nennt. Durch Ein-

1) Dessen Ueberschufs über 1 der Concentration proportional ist.

setzung dieses Werthes geht (4) über in $0 = \frac{d^2y}{dx^2} + \frac{2}{x} \cdot \frac{dy}{dx}$ deren Intergral $y + c_1 = -\frac{c}{x}$. Die beiden Constanten c und c_1 sind so zu bestimmen, dafs für ein gewisses x (da wo der Kegel abgestutzt ist und auf dem Salzreservoir ruht) y vollkommener Sättigung gleich kommt, und für einen gewissen anderen Werth von x, der der Basis des Trichters entspricht, $y = 0$ wird. In einem Versuche stellten sich die Zahlenwerthe folgendergestalt heraus:

Tiefe der Schicht unter der Oberfläche:							
27,7mm	55,5	72,1	88,8	105,4	122,1	138,7	155,4.
Ueberschufs des spec. Gew. über 1 (der Concentr. proportional) beobachtet:							
0,000mm	0,008	0,019	0,030	0,040	0,055	0,075	0,105.
Derselbe berechnet:							
0,006mm	0,015	0,023	0,031	0,043	0,057	0,078	0,107.

Beachtenswerth ist, dafs alle beobachteten Werthe zu klein sind, in einem anderen Falle waren sie sämmtlich zu grofs; aber gerade dieser Umstand ist der schlagendste Beweis für die Richtigkeit der ganzen Betrachtung. In dem mitgetheilten Falle nämlich war der Trichter anfänglich ganz mit reinem Wasser gefüllt gewesen und der Strom näherte sich dem stationären Zustande durch *Wachsen* der Concentrationen, während in dem anderen erwähnten Falle im Anfang das Gefäfs mit verschiedenen Lösungen höherer Concentration gefüllt worden war, so dafs der stationäre Zustand durch allmälige Abnahme erreicht werden mufste; und in beiden Fällen war er offenbar noch nicht absolut erreicht, was ja ohnehin theoretisch unmöglich ist.

Nach diesen das Gesetz aufser Zweifel stellenden Versuchen konnte zu der Bestimmung der Constanten k für irgend welche Körpercombination geschritten werden. Ich habe dieselbe bis jetzt nur für Kochsalz und Wasser ausgeführt. Und zwar stellte ich zu dem Ende folgende Versuche an, die, wie man sehen wird, ebenso viele neue Bestätigungen des Grundgesetzes sind. Es wurden zu dem Ende drei Röhren, deren Querschnitt zufälligerweise genau

20^{mm} Durchmesser hatte, von verschiedener Länge ganz in derselben Weise vorgerichtet wie der oben beschriebene Cylinder und Trichter, d. h. mit dem einen Ende in ein Salzreservoir eingetaucht und mit Wasser gefüllt sodann das Ganze in ein Gefäfs mit reinem Wasser gestellt. Nachdem die Apparate hinreichend lange Zeit gestanden hatten, um zu einem dynamischen Gleichgewicht gekommen zu seyn (wobei natürlich die ausspülende Flüssigkeit in passenden Zwischenräumen erneuert wurde), untersuchte ich die Salzmengen, welche während ein und derselben Zeit aus jeder der drei Röhren in die äufsere Flüssigkeit diffundirt waren, durch Abheben, Eindampfen und Fällen mit einer titrirten Silberlösung. Definirt man nun die Gröfse k näher als diejenige Salzmenge, welche während der Zeiteinheit durch die Querschnittseinheit aus einer Schicht in die benachbarte übergeht, wenn die Raschheit der Concentrationsabnahme $\left(\frac{dy}{dx}\right)$ der Einheit gleich ist, so kann man sie leicht aus Versuchen berechnen, die nach dem so eben mitgetheilten Plane angestellt sind. Zuvor müssen wir nur noch die in der Definition erwähnten Einheiten conventionell feststellen. Sey die Querschnittseinheit der Querschnitt unserer Röhren, also die Oberfläche eines Kreises von 1^{cm} Halbmesser. Die Concentrationsabnahme $\left(\frac{dy}{dx}\right)$ soll dann der Einheit gleich gesetzt werden, wenn sie durch eine Flüssigkeitssäule, deren Höhe der Längeneinheit 1^{mm} gleich kommt, constant herrschend gedacht eine Concentrationsdifferenz der beiden Endflächen derart zur Folge hat, dafs die eine die absoluter Sättigung entsprechende Concentration, die andere die Concentration Null besitzt. Als Zeiteinheit gelte ein Tag.

Man sieht leicht, dafs, wenn unser Gesetz richtig ist, sich die in derselben Zeit durch die drei Röhren getretenen Salzmengen verhalten müssen umgekehrt wie ihre Längen, und dafs, wenn man diese Mengen durch die Zeit dividirt und mit der (in Millimeter ausgedrückten) Länge multi-

plicirt, für alle drei Röhren die nämliche Gröfse, nämlich das so eben definirte *k* herauskommen mufs. Ich lasse eine kleine Tabelle der besten Versuche hier folgen.

Temperatur während d. Processes	*k* berechnet aus der Menge, die durch d. *längste* Rohr getreten war.	*k* berechnet aus der Menge, die durch d. *mittlere* Rohr getreten war.	*k* berechnet aus der Menge, die durch d *kürzeste* Rohr getreten war.
nicht bestimmt.	11,71	12,36	11,08
15,8 — 14°,8	9,67	9,7	9,3
15,5 — 16		9,57	
16 — 16 ,5		9,94	
17,5 — 18 ,5	10,79		
18 — 19	10,71	11,08	10,50
20°	11,14		11,02
19 — 22	11,44	11,33	
20 — 21	11,89		11,12

NB. die Temperaturen sind in Graden der 100theiligen Scale angegeben.

Bei billiger Berücksichtigung der unvermeidlichen Fehlerquellen, wird man eine bessere Uebereinstimmung der Zahlen schwerlich erwarten.

Vorstehende Tafel macht noch anschaulich, was ohnehin nach den Graham'schen Versuchen schon zu vermuthen war, dafs die Gröfse *k* eine Function der Temperatur ist, und zwar dergestalt, dafs sie mit wachsenden Werthen derselben zunimmt. Da es mir aber aus theoretischen Gründen keineswegs wahrscheinlich ist, dafs eine einfache Beziehung zwischen *k* und der Temperatur stattfinde, so habe ich es einstweilen noch unterlassen, umfangreichere Experimentaluntersuchungen über diesen Gegenstand anzustellen. Aufserdem mufs die Gröfse *k* in unmittelbarer Beziehung zu den Gröfsen stehen, welche andere Eigenschaften der Substanzen ausdrücken, etwa zum Atomgewicht; jedoch scheint es mir, als ob auch diese Beziehungen keineswegs so einfach seyn könnten, dafs sie sich etwa unter der Form einer einfachen algebraischen Formel darstellten. Endlich mufs diese Gröfse *k* auch eine Rolle spielen in den Diffusionsprocessen derselben Körpercombinationen durch poröse Scheidewände hindurch.

Sehen wir nun zu, wie auf diese letzterwähnten Processe sich die gewonnenen Gesichtspunkte anwenden lassen. Aufser einer flüchtig hingeworfenen Skizze von Poisson, welche die Diffusion auf die Capillarität zu gründen sucht, aber bekanntlich längst widerlegt und gänzlich verlassen ist, hat, um ganz zu schweigen von den elektrischen Phantasien Becquerel's, nur Brücke versucht einen Einblick in den Molecularhergang bei der Hydrodiffusion durch Membranen zu gewähren. Seine theoretischen Ansichten sind später von Ludwig weiter gebildet und durch neue Versuche gestützt, und sie empfehlen sich auch in der That durch einen so hohen Grad von mechanischer Klarheit und Wahrscheinlichkeit, dafs es schwer ist, nicht sofort von ihrer Richtigkeit sich überzeugt zu halten. Brücke nimmt an, dafs zwischen den Theilen der Membran und des Wassers eine stärkere Anziehung bestehe als zwischen ersteren und jenen des Salzes und behauptet daher, in den Poren bestehe, wenn die Membran in Salzlösung taucht, eine Wandschicht von reinem Wasser und eine Mittelchicht von Salzlösung, deren Concentration der umspülenden gleich komme. Ludwig hat experimentell nachgewiesen, *dafs in der That in der Tränkungsflüssigkeit einer thierischen Blase relativ mehr Wasser enthalten ist als in der Lösung, womit sie getränkt wurde.* Sind nun auf beiden Seiten der Scheidewand verschieden concentrirte Lösungen, so findet ein Diffusionsstrom statt durch die Mittelschicht, welcher Salz nach der einen (weniger concentrirten) Seite, und Wasser nach der anderen schafft; durch die Wandschicht kann nur Wasser zur dichteren Lösung gehen und somit wäre das Phänomen erklärt, *dafs mehr Wasser zur dichteren als Salz zur dünneren übergeht.* Weitere Folgerungen sind aus dieser Theorie noch nicht gezogen. Um diefs zu thun, müssen wir dieselbe erst mit Hülfe unserer oben gewonnenen Gesichtspunkte etwas mehr detailliren.

Denken wir uns einen cylindrischen Porus vom Halbmesser ϱ in einer Membran, welche in gesättigte Lösung eines Salzes eingetaucht ist, und denken wir uns, wie

Brücke, eine stärkere Anziehung zwischen Wasser und den Moleculen der Membran als zwischen diesen und den Salzmoleculen; dann wird offenbar in jedem der Porenwand concentrischen Cylindermantel vom Halbmesser r die Dichtigkeit der Lösung constant und $= f(\varrho - r)$ seyn. Ueber die Natur dieser Function läfst sich blofs das sagen, dafs ihr Werth für $r = \varrho$ der Null gleich wird und dafs von da an derselbe mit abnehmendem r (wahrscheinlich sehr rasch) wachsen mufs; ob er aber nothwendig unter allen Umständen für $r = 0$ bis zur Dichtheit der umspülenden Lösung gewachsen seyn müsse, bleibt dahin gestellt, kommt mir sogar für sehr enge Poren sehr unwahrscheinlich vor [1]). Mit einem Wort die Dichtheit wird in dem Porus von der Wand nach der Mitte hin zunehmen, und in dem Cylindermantel vom Radius r kann jedenfalls *keine höhere* Concentration als $f(\varrho - r)$ Platz greifen (wohl aber eine niedrigere). Der Radius ϱ der Poren mufs so klein gedacht werden, dafs ein Durchfiltriren von Flüssigkeit durch deren Cohäsion in Verbindung mit der Anziehung der Membran selbst auch bei hohem Drucke verhindert wird, und dafs auch Ausgleichung der Druckdifferenzen, wenn auf beiden Seiten der porösen Membran Flüssigkeit befindlich ist, wo überhaupt, wenigstens nur in unverhältnifsmäfsig langen Zeiträumen möglich ist, und dafs auch Mischungsströme durch specifische Gewichtsdifferenzen innerhalb des Porus nicht vorkommen können.

Man stelle sich jetzt vor, eine solche Membran scheide gesättigte Salzlösung von reinem Wasser, und zwar sey *jene über, dieses unter* der horizontal gedachtenMembran. In einem beliebigen cylindrischen Porus derselben, dessen Radius wieder $= \varrho$ seyn mag, denke man sich eine concentrische Elementarschicht begränzt von zwei einander unendlich nahen Cylindermänteln, deren Radius r und $r + dr$ sind. Am oberen Ende wird sofort die höchste

1) Dafs Brücke zwei discrete Schichten, eine Wandschicht reinen Wassers und eine mittlere von Lösung statuirt, ist wohl nur eine der Kürze wegen eingeführte Ungenauigkeit des Ausdruckes.

in der Schicht überhaupt mögliche Concentration $f(\varrho - r)$ Platz greifen. Dagegen wird das untere Ende durch die unmittelbare Berührung mit einer relativ unendlichen reinen Wassermasse fortwährend auf der Concentration 0 erhalten werden, und wenn ein stationärer Zustand eingetreten ist, werden innerhalb der gedachten Elementarschicht die Concentrationen von Null bis $f(\varrho - r)$ der Höhe über der unteren Gränzfläche der Membran proportional wachsen müssen. Diese Anordnung würde in der Elementarschicht einen Diffusionsstrom zur Folge haben, welcher nach unseren Gesetzen eine Salzmenge $2\pi \,.\, k \,.\, \frac{f(\varrho - r)}{h} dr$ nach unten und eine dem Volum nach gleiche Wassermasse nach oben lieferte, wenn unter k wie oben die Diffusionsconstante für die betreffende Combination von Salz und Wasser, sowie unter h die Dicke der Membran, folglich die Länge des Porus verstanden wird. Dabei ist übrigens keine Rücksicht genommen auf die Hemmung, welche etwa die austretenden Massen am Rande des Porus von der Anziehung der Membransubstanz erfahren; jedenfalls würde die Menge des durch den ganzen Porus übergeführten Salzes nicht gröfser ausfallen können als $2\pi \frac{k}{h} \int_0^\varrho f(\varrho - r)\, dr$.

Eine besondere Betrachtung erfordert nun aber noch der Wasserübergang nach der anderen Seite. Wir sahen nämlich, dafs am oberen Ende der cylindrischen Elementarschicht mit dem inneren Radius r keine höhere Concentration stattfinden konnte als $f(\varrho - r)$, welche jedenfalls kleiner als die vollkommene Sättigung und überhaupt um so kleiner, je gröfser r angenommen wird. Findet sich also auf der oberen Seite der Membran, wie wir voraussetzen, eine (durch hineingelegte Krystalle) relativ unerschöpfliche Masse von gesättigter Lösung, so müfste an jenem oberen Ende unserer Elementarschicht ein plötzlicher Sprung in der Concentration von $f(\varrho - r)$ bis zur vollkommenen Sättigung statthaben. Nehmen wir an, diefs sey in der

That für einen Augenblick des Anfangs der Fall, so wird jetzt nach den allgemeinen Principien der Diffusion von der Elementarschicht eine relativ (gegen die Menge, welche ein continuirlicher Dichtigkeitsübergang fordert) unendliche Wassermenge gefordert und eine ebenfalls unendliche Salzmenge hineingetrieben. Das letztere wird durch die Beschaffenheit der Membran unbedingt verhindert und es mufs das gegen den Porus hingetriebene überschüssige Salz irgendwie seitlich abgleiten, dagegen kann recht wohl mehr Wasser, als die Anordnung der Dichtheiten in unserer Elementarschicht verlangt, durch dieselbe gegen die dichtere Lösung hin gewissermafsen durchgesaugt werden, so dafs im Porus die Wassertheilchen mit gröfserer Geschwindigkeit sich aufwärts bewegen als die Salztheilchen abwärts. Die überschüssige Wassermenge verbreitet sich nun in der gesättigten Flüssigkeit allseitig (da die Porenmündungen in gewissen Entfernungen voneinander liegen müssen), theils durch Diffusion, theils durch Mischungsströmungen wegen der specifischen Gewichtsdifferenz, bis sich ein stationärer Zustand herstellt, dadurch, dafs auf den ringförmigen oberen Querschnitt der Elementarschicht ein nach oben konisch ausgebreiteter Raum sich stützt, in welchem die Concentration von $f(\varrho - r)$ bis zur vollständigen Sättigung steigt, und der einen Diffusionsstrom von derjenigen Stärke bedingt, dafs genau so viel Wasser dadurch nach oben geschafft wird als sich gerade in derselben Zeit von seinem oberen Ende in das Reservoir gesättigter Lösung verbreiten kann, ohne die Concentration zu alteriren. Dann offenbar würde der gedachte Raum sofort sich nach oben verlängern (und dadurch die Intensität des Diffusionsstroms verringert werden), sobald mehr Wasser hindurchginge und so die Concentration am oberen Ende des Raumes noch alterirt würde; und umgekehrt ginge weniger Wasser nach oben, so müfsten sofort Sprünge in den Concentrationsübergängen an gewissen Stellen eintreten, die gleichsam einen Diffusionsstrom von unendlicher Stärke bedingten und so augenblicklich wieder die gehörige Menge von Wasser ansaugten.



Nun hängt aber diese Wassermenge, welche sich *ceteris paribus* während der Zeiteinheit in der gesättigten Lösung verbreiten kann ohne an der Stelle die Concentration noch merklich zu alteriren, ab von der leichten Beweglichkeit der Theile der Lösung. Es muſs also *ceteris paribus* auch der Raum, in welchem die Ausgleichung geschieht, um so kürzer und deshalb der Strom des Wassers nach der gesättigten Lösung hin um so stärker seyn, je leichter beweglich die Theilchen der Lösung sind.

Um die eben mitgetheilte Erörterung anschaulicher zu machen, sey (Fig. 7, Taf. I.) $AA'BB'$ der senkrechte Durchschnitt der Membran; oberhalb der Horizontale AA' befinde sich gesättigte Lösung, unterhalb BB' reines Wasser. Das Viereck $\alpha\beta\gamma\delta$ stelle den Axenschnitt eines cylindrischen Porus dar, und die beiden Streifchen ab und $a'b'$ seyen die Durchschnitte der cylindrischen Elementarschicht. Durch die Schraffirung ist nun die Anordnung der Dichtheiten in derselben angedeutet. Bei ac und $a'c'$ sind die Durchschnitte des konisch sich erweiternden Raums angedeutet, innerhalb dessen das aufsteigende Wasser sich verbreitet und der allmälige Uebergang zur vollkommenen Sättigung stattfindet; auch hier soll die Schraffirung ein Bild von der Anordnung der Concentrationen geben. Offenbar ist der Diffusionsstrom in diesem Raume um so stärker und führt um so mehr Wasser nach oben je kürzer er ist.

Der Radius ϱ des Porus kann möglicherweise so groſs seyn, daſs vermöge der Natur der Function $f(\varrho - r)$ gegen die Axe des Porus die vollkommen gesättigte Lösung existiren kann. Für thierische Membranen ist sogar dieſs höchst wahrscheinlich der Fall, denn nach den Versuchen von Ludwig ist die Imbibitionsflüssigkeit derselben einer sehr hohen Concentration fähig, die doch ein Mittel aus den niedrigen Concentrationen der Wandschichten und der noch höheren der centralen seyn muſs. Wenn aber dieſs wirklich der Fall ist, so etablirt sich so weit um die Axe des Porus herum, als die vollkommene Sättigung reicht, ein Diffusionsstrom wie in unseren einfachen Röhren, der

ebenso viel Salz nach unten als Wasser nach oben schafft, (dem Volume nach) und das Plus von Wasser wird durch die der Wand näher gelegenen Schichten allein bedingt. Es wird also in solchen Fällen offenbar nicht soviel Wasser im Verhältnifs zum Salz übergehen, als wenn die Poren so eng sind, dafs darin nirgendwo gesättigte Lösung existiren kann und daher in der ganzen Ausdehnung des Porus mehr Wasser als Salz übergeht. Mit anderen Worten das »endosmotische Aequivalent« (so nennt Jolly bekanntlich das Verhältnifs zwischen dem übergegangenen Wasser und dem Salz) mufs für eine Membran mit engen Poren gröfser seyn als für solche mit weiteren. Auf diesen Umstand hat schon Ludwig aufmerksam gemacht, obwohl er der Ansicht ist, dafs überall bei noch so engen Poren — was mir nicht absolut nothwendig erscheint — in der Axe gesättigte Lösung müsse existiren können.

Denkt man sich jetzt, dafs statt des reinen Wassers auf der unteren Seite der Membran sich eine Lösung desselben Salzes befinde, welches auf der oberen Seite in concentrirter Lösung vorhanden ist, von einer gewissen Concentration c, so stellt sich leicht folgende Betrachtung an. Alle Elementarschichten von der Porenwand bis zu einem Cylindermantel von dem Radius r, dafs $f(\varrho - r) = c$, können nur von oben bis unten angefüllt seyn mit Lösung von der *höchsten* daselbst möglichen Concentration, und können also zu einem gewöhnlichen zweiseitigen Diffusionsstrom nicht Veranlassung geben. Wohl aber wird Wasser von der dünneren zur dichteren Lösung durch sie übergehen, indem an jeder Seite derselben eine der Concentrationsdifferenz proportionale Saugkraft angebracht ist, folglich an der oberen Seite der gesättigten Lösung entsprechend eine stärkere. Alle mehr nach der Axe hin gelegenen Schichten dagegen verhalten sich ganz in der obigen Weise, mit dem einzigen Unterschiede, dafs in ihnen die Concentration, statt von 0 an, jetzt von c an bis zu den respectiven Maximis von unten nach oben wächst, und somit ein absolut schwächerer Diffusionsstrom zu Stande kommt. Da folglich

in diesem Falle an Stellen, wo im ersten Falle Salz nach der einen, Wasser nach der anderen Seite ging, blofs einseitiger Wasserdurchtritt Platz greift, so mufs das Verhältnifs zwischen Wasser und Salz — das endosmotische Aequivalent — hier *gröfser* seyn als dort. Wäre insbesondere (bei sehr engen Poren wohl möglich) $c > f(\varrho - r)$, so würde *gar kein* Salz mehr übergehen können — das endosmotische Aequivalent wäre $= \infty$ oder der Strom einseitig.

Analysiren wir noch den Fall, wo oben, statt gesättigter Lösung, eine verdünnte, unten aber wieder reines Wasser sich vorfindet. Bezeichnen wir die Concentration der oberen Lösung wiederum mit c. Offenbar wird jetzt in einem axialen Cylinder, deren Radius r so grofs ist, dafs gerade $f(\varrho - r) = c$, die Concentration vom unteren bis zum oberen Ende von 0 bis c regelmäfsig wachsen und ein gewöhnlicher Diffusionsstrom stattfinden, der ein gerade so grofses Salzvolum nach unten als Wasservolum nach oben befördert. Blofs in den der Wand noch näher gelegenen Schichten kann am oberen Ende die Concentration nicht bis c ansteigen und wird daher auch blofs durch diese nach den vorher angestellten Betrachtungen mehr Wasser als Salz durchgehen. Offenbar ist der Halbmesser r des erwähnten axialen Cylinders um so gröfser, je kleiner c ist, daher mufs auch das endosmotische Aequivalent *mit c sehr rasch abnehmen*, und es wäre wohl zu vermuthen, dafs für einigermafsen *kleine Werthe von c das endosmotische Aequivalent kleiner als die Einheit ausfiele* (weil ja ein Salzvolum mehr wiegt als ein gleich grofses Wasservolum), wenigstens bei solchen Membranen, welche mit weiten Poren versehen sind und bei denen folglich in einem überwiegend grofsen Theil des einzelnen Porus eine Lösung von namhafter Concentration existiren kann. Von solcher Beschaffenheit müssen wir aber die thierischen Membranen nach Ludwig's Versuchen über die Concentration der Imbibitionsflüssigkeit wirklich annehmen. Die untere Gränze für das endosmotische Aequivalent bei abnehmendem c, die jedoch niemals vollständig erreicht werden könnte,

könnte, wäre offenbar der reciproke Werth vom specifischen Gewichte des Salzes.

Wir haben also jetzt folgende an der Erfahrung prüfbare Consequenzen aus der Porentheorie [1]) der Diffusion gezogen:

1. Je enger die Poren der Scheidewand sind, desto gröfser müfste *ceteris paribus* das endosmotische Aequivalent seyn.

2. Je leichter beweglich die Theilchen der dichteren Flüssigkeit sind, desto gröfser müfste wiederum *ceteris paribus* das endosmotische Aequivalent seyn.

3. Hat man auf der oberen Seite der Scheidewand gesättigte Lösung eines Salzes und auf der unteren eine Lösung desselben Salzes von der Concentration *c*, so müfste das endosmotische Aequivalent mit dem Werthe von *c* möglicherweise bis ∞ wachsen.

4. Befindet sich auf der unteren Seite der Scheidewand reines Wasser, auf der oberen eine Salzlösung von der Concentration *c*, so müfste das endosmotische Aequivalent mit abnehmenden Werthen von *c* rasch abnehmen, möglicherweise bis zum reciproken Werthe vom specifischen Gewicht des Salzes.

Da ich nun meine Versuche aufzähle, mufs ich von vornherein ankündigen, dafs sie im Wesentlichen dergestalt ausgefallen sind, dafs ich mich dadurch genöthigt sehe, die Porentheorie für unhaltbar anzusehen. Man verläfst diese Theorie nur mit einem gewissen Bedauern, da sie sich durch einen hohen Grad mechanischer Anschaulichkeit und Wahrscheinlichkeit empfahl, daher auch eine reiche Ausbeute neuer und scharfer Fragestellungen versprach.

Was den ersten der vier obigen Punkte betrifft, so ist er nur uneigentlich einer experimentellen Prüfung zugänglich, denn man wird kaum erwarten dürfen, dafs jemals

1) Diesen Namen für die von Brücke zuerst aufgestellte und so eben ausführlicher auseinandergesetzte Theorie der Diffusion möchte ich statt der sonst üblichen einer »mechanischen« vorschlagen, da ja *mechanisch* jede Theorie der Diffusion seyn mufs.

zwei Membranen hergestellt werden können, die sich in allen anderen Stücken vollkommen gleichen und nur durch die verschiedene Weite ihrer Poren von einander unterschieden sind. Indessen hat man doch wohl Grund zu vermuthen, dafs in einer structurlosen glashellen Collodiumhaut die Poren unverhältnifsmäfsig enger seyn werden als in einer thierischen Membran, so dafs alle anderen Unterschiede gegen diesen einen verschwindend unbedeutend sind. Solche Collodiumhäute erhält man mit grofser Leichtigkeit, wenn man eine Schicht verdünnten Collodiums auf einer Glasplatte ausbreitet, trocknen läfst, und dann den Rückstand vorsichtig abzieht. Lange Zeit hindurch habe ich mich mit Diffusionsversuchen durch solche Collodiummembranen beschäftigt, indem ich sie wegen ihrer Structurlosigkeit und der Unangreifbarkeit der Substanz für ganz besonders geeignet hielt, bin aber leider nicht zu dem erwünschten Ziele gelangt. Sind nämlich diese Membranen so dünn, dafs sie einen namhaften Diffusionsstrom gestatten, so sind sie gleichzeitig so zerbrechlich, dafs es kaum gelingt mehrere Versuche mit derselben Membran anzustellen. Aufserdem ist noch ein Uebelstand nicht zu vermeiden. Man mufs dieselben nämlich mittelst eines Harzfirnisses auf die Glascylinder aufkitten und dieser gestattet allemal über kurz oder lang, indem er sich von dem Glase ablöst, den Flüssigkeiten andere capillare Raume zum Durchtritt. Ich führe deshalb die mit Collodiummembranen erhaltenen numerischen Resultate nicht in extenso an. Folgendes Allgemeine mag genügen. Das endosmotische Aequivalent sank bei ihnen niemals unter 20, meist gingen nur Spuren Salzes über und in manchen Fällen wurden auch nicht einmal solche wahrgenommen, während namhafte Quantitäten Wassers übergetreten waren. Ich bin fast geneigt zu glauben, dafs dieser einseitige Diffusionsstrom für die in Rede stehenden Membranen eigentlich normal sey, und dafs der in einigen Fällen wahrgenommene Salzübergang durch die erwähnten capillaren Räume zwischen dem Klebstoff und der Glaswand stattgefunden habe. Trennte ich durch eine

solche Collodiumhaut Lösungen von Chlorbaryum und schwefelsaurem Natron voneinander, so trat in den meisten Fällen keine Spur von Fällung auf beiden Seiten ein, zum Beweis, dafs ebenfalls blofs Wasser überging. Beiläufig mag hier bemerkt seyn, dafs derartige Versuche ein brauchbares Mittel wären um die Verwandtschaft verschiedener Salze zum Wasser numerisch miteinander zu vergleichen. Man müfste einen solchen Versuch so lange fortsetzen bis kein Wasser mehr von einer Seite zur anderen überginge und dann das Verhältnifs untersuchen, nach welchem sich die beiden Salze in das vorhandene Wasserquantum getheilt haben. Freilich brauchen die Anziehungskräfte der beiden Salze zum Wasser nicht gerade in *demselben* Verhältnisse zu stehen, aber das Verhältnifs dieser letzteren mufs doch jedenfalls auf irgend eine Weise aus jenem Verhältnisse abgeleitet werden können. Es wäre dann interessant, die so bekannt gewordenen Anziehungskräfte der verschiedenen Salze zum Wasser mit der oben erklärten Diffusionsconstante k zu vergleichen, wie sie sich aus den beschriebenen Versuchen ohne Membranen finden läfst. Da solche Versuche eine aufserordentlich lange Zeit erfordern, habe ich bisher noch keine Reihe unternehmen können.

Was die zweite Consequenz aus der Porentheorie betrifft, so glaubte ich daraus eine Art von *experimentum crucis* machen zu können. Ich verminderte nämlich durch beigemengte feste Theilchen die Beweglichkeit der oberen (concentrischen noch Krystalle enthaltenden) Flüssigkeit; wäre dadurch das endosmotische Aequivalent sehr bedeutend gesunken, so wäre, glaube ich, die Porentheorie aufser allen Zweifel gestellt gewesen. Dem war aber nicht so. Der Versuch wurde so angestellt, dafs Kreide mit festem Kochsalz zu einem feinen Pulver zusammengerieben wurde, diefs brachte ich mit etwas Wasser zu einem Brei angerührt auf die Membran (thierische Membran) und liefs die Endosmose zwischen diesem Brei und reinem Wasser in der gewöhnlichen Weise vor sich gehen. Das endosmotische Aequivalent, was für diese Membran sonst zwischen

5 und 6 lag, hielt sich auch unter den beschriebenen Umständen zwischen diesen Gränzen, obgleich in dem Kreideschlamm wohl von Mischungsströmen durch specifische Gewichtsdifferenzen kaum die Rede seyn konnte, oder dieselben doch wenigstens sicherlich im hohen Grade behindert waren und daher nach unseren obigen Betrachtungen ein *weit niedrigeres* Aequivalent erwartet werden mufste.

Die Versuche zur Prüfung des dritten der oben aufgestellten Sätze lieferten ein in hohem Grade positives Resultat. Ich operirte mit zwei verschiedenen Membranen, deren endosmotisches Aequivalent für Kochsalz zwischen 5 und 6 lag, wenn oben gesättigte Lösung unten reines Wasser sich befand; wurde aber jetzt das reine Wasser ersetzt durch eine Salzlösung von der Concentration 0,22 [1]), so war das endosmotische Aequivalent ein auffallend höheres, in einem Falle = 11,05, in einem anderen sogar = 17,05. In dieser Richtung haben schon die Versuche von Ludwig und von Cloetta ähnliche Resultate gehabt, wenn schon bei denselben die endosmotischen Aequivalente nie die Höhe erreichten, die ich in meinen eben angeführten Versuchen beobachtete. Bei der gänzlichen Unbekanntschaft mit der Natur der Function $f(\varrho - r)$, welche die Anordnung der Maximalconcentrationen in dem Porus ausdrücken würde, kann man nun leider nicht einmal ungefähr *a priori* sagen, welchen Werth man für das endosmotische Aequivalent zu erwarten hätte bei einer gewissen Concentration der äufseren Flüssigkeit; indessen kommen mir doch die dafür gefundenen Werthe in meinen letzterwähnten Versuchen auffallend hoch vor. Bedenkt man nämlich, dafs in den mehrfach erwähnten Versuchen von Ludwig die Inbibitionsflüssigkeit im Allgemeinen einer ziemlich hohen Concentration fähig war (beim Eintauchen in eine Lösung von der Concentration 0,0988 nahm die Membran eine Flüssigkeit auf von der Concentration 0,0705), so ist es nicht unwahrscheinlich, dafs durch eine concen-

1) Die Zahl bedeutet das Verhältnifs des Salzes zur ganzen Flüssigkeit, dem Gewichte nach.

trirtere äufsere Flüssigkeit in den endosmotischen Versuchen nicht viele Elementarschichten, von der Wand aus gerechnet, dem regulären Diffusionsprocefs entzogen werden und blofs reines Wasser durchlassen. Indessen könnte man erst nach viel zahlreicheren Inbibitionsversuchen etwas Entscheidendes sagen.

Die unter 4. aufgestellte Consequenz der Porentheorie wurde von meinen bis jetzt angestellten Erperimenten vollständig Lügen gestraft. Dieser Umstand setzte mich um so mehr in Erstaunen, als in den Versuchsreihen von Ludwig und Cloetta mit Kochsalz allemal der Werth des endosmotischen Aequivalents sank mit der Concentration der inneren Flüssigkeit, wenn als äufsere reines Wasser angewandt wurde. Freilich waren in den Versuchen von Cloetta die Unterschiede nicht sehr bedeutend, aber bei Ludwig's Versuchen kam sogar ein Aequivalent von 1,4 zum Vorschein, wenn die Concentration der inneren Flüssigkeit während des Versuches von 0,0492 bis 0,00196 abnahm, und zwar bei einer Membran, die ein Aequivalent = 4,4 sehen liefs, wenn im Innern gesättigte Lösung befindlich war. Ich ging mit der Concentration im Anfang des Versuches herab bis zu 0,0065, erhielt aber immer ein Aequivalent = 4,46. Ludwig's Versuche sind mir nach diesen Erfahrungen vollständig räthselhaft, und scheinen mir wenigstens ihre Beweiskraft für die Porentheorie einzubüfsen dadurch, dafs das Sinken des Aequivalents unter den angeführten Umständen nicht *constant* eintritt. Ueberdiefs müfste dasselbe für alle Salze stattfinden, welche mit dem Kochsalz die Eigenschaft gemein haben, dafs sie von der Membran schwächer angezogen werden als Wasser. Gleichwohl aber bemerkte Ludwig beim Glaubersalz ziemlich regelmäfsig (bei denselben Membranen) ein ganz anderes Verhalten; mit abnehmender Concentration der inneren Flüssigkeit sank nämlich anfänglich das Aequivalent, um hernach bei weiterer Abnahme wieder auf höhere Werthe zu steigen.

Ebenso unerklärlich aus der Porentheorie erscheinen

mir die Thatsachen, welche ich erst kürzlich in einer kleinen Notiz [1]) in diesen Annalen bekannt machte, dafs nämlich, wenn die schwerere Lösung unter der horizontalen Membran befindlich ist, mehr Salz übergeht unter sonst gleichen Umständen, und dafs gleichzeitig das Aequivalent kleiner ist, als bei der umgekehrten Anordnung.

Dafs die theoretischen Ableitungen aus der anfänglich auseinandergesetzten mechanischen Vorstellung vom Diffusionsprocefs durch Membranen theils von der Erfahrung bestätigt, theils nicht bestätigt werden, scheint mir dazu aufzufordern, diese Vorstellung durch eine andere zu ersetzen oder wenigstens bedeutend zu modificiren. Ich sehe freilich dazu vor der Hand noch keinen Weg, wenn man nicht etwa den bislang noch ganz vagen Gedanken einen solchen nennen wollte, dafs vielleicht der endosmotische Vorgang nicht geschieht durch eigentlich so genannte Poren, sondern vielmehr durch die wirkliche Molecularinterstition.

Vor allem aber wäre wohl zu wünschen, dafs man ein constanteres und einfacheres Material zu den Versuchen hätte als die so sehr veränderlichen und complicirt gebauten thierischen Membranen. Wäre ein solches Material gefunden, so müfsten wohl zuerst dessen Inbibitionserscheinungen gründlich studirt werden, die einen Aufschlufs geben können über die Anordnung des gelösten Körpers und seines Lösungsmittels im Innern, sey es der Poren, sey es der Molecularinterstition.

1) Annalen, Bd. XCII. S. 333.

V. *Ueber das relative Gewicht, das Volum und die Löslichkeit der Salzatome;* *von P. Kremers.*

Das Verhältnifs der Constitution der Salze zu deren Löslichkeit wurde bereits früher [1]) ausführlich erörtert. Wäre auch das Atomvolum der Salze mit deren Constitution irgendwie verknüpft, so wäre aus diesen beiden Verhältnissen wohl ein drittes, das der Löslichkeit zum Volum der Atome, herzuleiten.

Da die graphische Darstellung wohl am ehesten geeignet ist, einen allgemeinen Ueberblick zu verschaffen, so ist auf der Tafel II Figur 1 das Verhältnifs etwa 80 bis 90 verschiedener Atomvolumina verzeichnet. Die Verhältnisse der Atomgewichte verschiedener Elemente sind als Abscissen genommen. Die jeder Abscisse zugehörigen Ordinaten bezeichnen die relativen Atomvolumina der durch die Abscissen bezeichneten Elemente, oder der verschiedenen Verbindungen, in denen selbige enthalten sind. Die durch eine mehr oder weniger geneigte, bald gerade, bald gekrümmte Linie verbundenen Punkte bezeichnen die Atomvolumina solcher Körper, welche, den bisherigen Erfahrungen zufolge, einer besonderen Gruppe anzugehören scheinen. Die chemische Formel dieser verschiedenen Körper wird dadurch erhalten, dafs zu den Elementen, wodurch die Linie bezeichnet ist, noch das Element hinzugefügt wird, welches der Länge der Abscisse entspricht. Nicht bezeichnete Linien verbinden also die Atomvolumina einiger unzerlegter Körper.

Ein Umstand, den die Tafel sogleich deutlich hervortreten läfst, ist der so ähnliche Verlauf der Curven, so dafs fast durchgängig die gröfsere Abscisse auch einer gröfseren Ordinate entspricht, *dafs also in einer Gruppe ähnlicher Körper mit dem wachsenden Atomgewichte zugleich auch das Atomvolum zunimmt.*

1) Pogg. Ann. Bd. XCII, S. 497.

Die beigefügte Tafel bietet nur zwei Ausnahmen von dieser Regel; sie würden beide fortfallen, wenn das Atomvolum des Quecksilberbromids (HgBr) etwas niedriger wäre, als es aus der bisher noch vereinzelt dastehenden Angabe von Karsten sich berechnet. Die anderen Ausnahmen, welche ich bisher noch gefunden, aber in der Tafel nicht bezeichnet habe, sind folgende: AsO_5 und SbO_5, ferner PbO, WoO_3 sowie auch die Reihe BaCl; SrCl und CaCl. Die Differenzen in der letzten Reihe sind nur sehr unbedeutend [1]).

Was diesem letzterwähnten verschiedenen Verhalten zu Grunde liegt, ob die Zahl der einzelnen Gruppen gröfser ist, als bisher vermuthet wurde, oder ob die Atomvolumina wasserfreier Salze nicht streng vergleichbar sind, wenn sie, als gewässerte Salze anschiefsend, durch Austreiben des Krystallwassers erhalten werden, diese beiden Fragen bleiben einstweilen unentschieden.

Wenn man die drei bisher unterschiedenen Gruppen der alkalischen, der alkalisch-erdigen und der schweren Metalle miteinander vergleicht, so wird man unter ihnen manche Aehnlichkeit, hin und wieder aber auch einige Verschiedenheit bemerken.

Aehnlich sind dieselben durch die regelmäfsige Aufeinanderfolge gleichnamiger Curven; so z. B. folgen sich in ihrer Uebereinanderlagerung in der Gruppe der alkalisch-erdigen Metalle die Curven O; OCO_2; OSO_3 und ONO_5. Ganz dieselbe Reihenfolge findet sich auch in der Gruppe der alkalischen, sowie endlich auch in der Gruppe der schweren Metalle [2]). Aehnlich sind dieselben ferner dadurch, dafs die Curve O der alkalischen Metalle über der gleichnamigen der alkalisch-erdigen und diese letztere wie-

1) Die Atomvolumina sind nämlich nach Karsten: CaCl = 361; SrCl = 354; BaCl = 352.

2) Die Curve Cl liegt bei den alkalischen Metallen zwischen den Curven OSO_3 und ONO_5; dieselbe Lage hat sie bei den alkalisch-erdigen Metallen (s. d. vorang. Anm.); dieselbe Lage endlich auch theilweise bei den schweren Metallen.

der über der gleichnamigen der schweren Metalle liegt und dafs auch die Cnrven OCO_2; OSO_3 nnd ONO_5 ein der Curve O ganz gleiches Verhalten zeigen [1]).

Verschieden sind dagegen diese drei Gruppen wieder dadurch, dafs die Cnrven der nnzerlegten Atome eine so sehr verschiedene Lage einnehmen gegen die ihrer Verbindnngen mit anderen Elementen. Wenn man z. B. die Cnrven der unzerlegten Atome mit denen vergleicht, welche sie nach ihrer Vereinignng mit einem Atome Sanerstoff bilden, so liegt die Curve der alkalischen Metalle bedeutend über der entsprechenden Cnrve O, die der alkalisch-erdigen Metalle dagegen nnr äufserst wenig, endlich die der schweren Metalle nicht nur nicht über, sondern sogar nnter der entsprechenden Curve O.

Wie äufserst verschieden die Contractionen sind, welche bei der Vereinigung der alkalischen, der alkalisch-erdigen nnd der schweren Metalle mit ein nnd demselben Atome Sanerstoff stattfinden, ist demnach aus der beigefügten Tafel sehr ersichtlich. Was für das Atom O gilt, gilt natürlich anch für die Atomencomplexe OCO_2; OSO_3 und ONO_5, weil ihre Curven für alle drei Grnppen dieselbe relative Lage sowohl zu einander als auch zur Curve O haben.

Wenn also ein alkalisches, ein alkalisch-erdiges oder ein schweres Metall sich mit einem einfachen negativeren Atome oder mit einem Atomencomplexe verbindet, so ist, den bisherigen Erfahrungen zufolge, die Gesammtcontraction, welche beide zusammentretende Theile erleiden, im ersten Falle gröfser als im zweiten, im zweiten gröfser als im dritten [2]).

Nicht mit derselben Bestimmtheit kann man von den

1) Auch die Curve Cl der alkalischen Metalle liegt über der gleichnamigen der schweren Metalle und die der alkalisch-erdigen Metalle fällt nach den bisherigen Angaben mitten zwischen beide; letztere zeigt nur, wie bereits oben bemerkt, eine geringe Unregelmäfsigkeit in ihrem Laufe.

2) Es ist nicht zu leugnen, dafs der hier aufgestellte Satz durch die Bestimmung der Atomvolumina einiger Salze, wie z. B. verschiedener Lithionsalze, eine wesentliche Aenderung erleiden kann; daher er auch nur als Ergebnifs der bisherigen Untersuchungen aufgestellt wurde.



Oxyden der drei erwähnten Gruppen dasselbe behaupten, was unmittelbar vorher von den Metallen behauptet wurde, weil die Curven der Oxyde in derselben Reihenfolge übereinander liegen, wie die ihrer Verbindungen mit CO_2; SO_3 und NO_5.

Bisher wurde der Boden des rein Thatsächlichen nicht verlassen, was indeſs sogleich geschieht, wenn man zu bestimmen sucht, welche Contractionen die einzelnen sich verbindenden Elemente erleiden. Diese Frage wurde bereits früher [1]) erörtert. Die damals aufgestellte Theorie läſst sich mit den hier gewonnenen Thatsachen ganz gut vereinen, daher ich auf jene Entwickelung als eine Fortsetzung der vorliegenden Untersuchung hinweise.

Im Vorangehenden wurde das Verhältniſs des Atomvolums der Körper zu deren Constitution erörtert. Wenn man einzelne wenige daselbst angeführte Fälle abrechnet, welche auſserdem noch zweifelhaft sind, so erschien in einer Gruppe ähnlicher Körper das gröſsere Atomgewicht auch von dem gröſseren Atomvolum begleitet. Andererseits erschien früher [2]) keineswegs bei einer Gruppe ähnlicher Körper und bei der gewöhnlichen Temperatur das gröſsere Atomgewicht auch durchgängig entweder von der gröſseren oder von der geringeren Löslichkeit begleitet. *Es ist daher klar, wie nur das allerdings mannigfach, aber doch gesetzmäſsig wechselnde positive und negative Verhalten der Salze in Bezug auf ihre Löslichkeit den groſsen Wechsel zwischen dem Atomvolum der Salze einerseits und ihrer Löslichkeit andererseits bedingt, wie also mit anderen Worten bei der gewöhnlichen Temperatur das gröſsere Atomvolum bald von der gröſseren, bald von der geringeren Löslichkeit begleitet ist.*

Einige Beispiele werden hinreichen, diese Verhältnisse soviel als möglich klar hervortreten zu lassen.

Eine Gruppe vergleichbarer Salze kann dadurch entstehen, daſs bei gleichbleibenden negativeren Atomen das

1) Pogg. Ann. Bd. LXXXV, S. 51.
2) a. a. O.



Gewicht der positiveren zunimmt [1]); sie kann aber auch umgekehrt dadurch entstehen, dafs bei gleichbleibenden positiveren Atomen das Gewicht der negativeren zunimmt [2]). In jedem dieser beiden möglichen Fälle wird das Atomgewicht immer gröfser und damit zusammenhängend auch das Atomvolum, aber nicht immer wächst bei gewöhnlicher Temperatur zugleich mit dem wachsenden Atomvolume auch die Entfernung der Löslichkeitscurven von dem Coordinatenanfangspunkte, sondern nur dann, wenn die zur ersten Klasse gehörigen Gruppen bei der gewöhnlichen Temperatur ihr positives, die zur zweiten Klasse gehörigen dagegen ihr negatives Verhalten zeigen.

Es ist daher das gesetzmäfsige Fortrücken der negativen und positiven Kreuzungspunkte vergleichbarer Curven, welches bestimmt, ob bei gewöhnlicher Temperatur in einer Gruppe ähnlicher Salze das gröfsere Atomvolum mit der gröfseren oder geringeren Löslichkeit verbunden ist; wie denn auch die Kreuzungspunkte selbst wieder die Temperaturgränzen bilden, oberhalb und unterhalb welcher der ersterwähnte oder der letzterwähnte Fall stattfindet [3]).

1) LiO, NO_5; NaO, NO_5; KO, NO_5; KO, ClO_5; KO, BrO_5.
2) $PbCl$; $PbBr$; PbJ.
3) Die früher angeführten Aenderungen des Atomvolums, welche ein und dasselbe Salz zeigt, je nachdem es bei verschiedener Temperatur herauskrystallisirt (Pogg. Ann. Bd. LXXXV, S. 44), wurden hier nicht berücksichtigt, weil sie zu unbedeutend sind.

VI. *Ueber die chemische Zusammensetzung des Vesuvians; von C. Rammelsberg.*

Unter den häufiger vorkommenden Silicaten haben *Vesuvian* und *Granat* bisher ziemlich allgemein als gleich zusammengesetzt gegolten; man hat die Verbindung von Singulosilicaten $\dot{R}^3 \dddot{Si} + \dddot{R} \dddot{Si}$ demnach als dimorph betrachtet. Indessen sind zwei Gründe dieser Ansicht niemals günstig gewesen, nämlich 1) das Zusammenvorkommen beider Mineralien, in sofern sich nicht einsehen läfst, weshalb zwei mit einander verwachsene Substanzen heteromorph seyn sollten; und 2) und vornämlich das Resultat der grofsen Mehrzahl aller vorhandenen Vesuviananalysen.

Nächst Klaproth, v. Kobell und Karsten hat sich vorzüglich Magnus mit der Untersuchung des Vesuvians beschäftigt. Seine vor 23 Jahren publicirte Abhandlung [1]) enthält die Analysen des Vesuvians vom Vesuv, von Slatoust im Ural, aus dem Banat und von Egg bei Christiansand in Norwegen, welche mit grofser Sorgfalt, die damals bekannten Scheidungsmethoden benutzend, angestellt sind. Das Resultat war, dafs keine einzige Analyse der Granatformel genau entspricht, obwohl sie ihr so nahe kamen, dafs doch nur diese zu passen scheint.

Um diesen Schlufs zu erläutern, setzen wir die Sauerstoffmengen der Bestandtheile ($\dot{R} : \dddot{R} : \dddot{Si}$) hierher, deren Verhältnifs beim Granat = 1 : 1 : 2 = 10 : 10 : 20 ist.

Vesuv	= 1,14 : 1,17 : 2 =	11,4 : 11,7 : 20
Slatoust	= 1,21 : 0,88 : 2 =	12,1 : 8,8 : 20
Banat	= 1,10 : 0,94 : 2 =	11,0 : 9,4 : 20
Egg	= 1,30 : 0,83 : 2 =	13,0 : 8,3 : 20.

Addirt man den Sauerstoff sämmtlicher Basen, so verhält er sich zum Sauerstoff der Säure

= 2,31 : 2 = 23,1 : 20
= 2,09 : 2 = 20,9 : 20
= 2,04 : 2 = 20,4 : 20
= 2,13 : 2 = 21,3 : 20.

1) Pogg. Ann. Bd. 21, S. 50.

Wenn man annehmen darf, dafs beim Vesuvian vom Vesuv ein Fehler in der Analyse liegt, dafs nämlich etwas Thonerde beim Kalk blieb (wir werden weiterhin auf diesen Punkt zurückkommen), so scheint aus der Untersuchung von Magnus zu folgen, dafs zwar der Sauerstoff der Mon- und Sesquioxyde nicht gleich, jener gröfser als dieser, sey, dafs aber nichts desto weniger die Summe beider und des Sauerstoffs der Säure = 1 : 1, der Vesuvian mithin gleich dem Granat aus Singulosilicaten, wenngleich in einem anderen Verhältnifs, zusammengesetzt sey.

Diese von mir schon seit längerer Zeit gehegte Idee fand eine Bestätigung in drei Analysen russischer Vesuviane von Hermann [1]), welche das Sauerstoffverhältnifs von $\dot{R} : \dddot{R} : \dddot{Si}$ folgendermafsen ergeben:

Wilui	= 1,27 : 0,84 : 2 = 12,7 : 8,4 : 20
Achmatowsk	= 1,24 : 0,85 : 2 = 12,4 : 8,5 : 20
Poläkowsk (Slatoust)	= 1,23 : 0,83 : 2 = 12,3 : 8,3 : 20

Auch hier ist mithin der Sauerstoff der Monoxyde gröfser als der der Sesquioxyde, allein die Summe beider, verglichen mit dem Sauerstoff der Säure, giebt

2,11 : 2 = 21,1 : 20
2,09 : 2 = 20,9 : 20
2,06 : 2 = 20,6 : 20

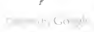
also wiederum, gleich wie bei den Versuchen von Magnus, das Verhältnifs von 1 : 1.

Von den letzteren unterscheiden sich aber Hermann's Analysen merklich durch das constante Sauerstoffverhältnifs $\dot{R} : \dddot{R} = 3 : 2$, während die von Magnus zwar Unterschiede, jedoch nicht constanter Art, zeigen, in sofern das Sauerstoff von $\dot{R} : \dddot{R}$ ist

= 0,98 : 1
1,38 : 1
1,17 : 1
1,57 : 1

mithin von 1 : 1 bis $1\frac{1}{2}$: 1 schwankt.

1) Journ. f. pract. Chem., Bd. 44, S. 193.



Fragt man nach der Ursache dieser Abweichungen, so kommt man zu der Ansicht, dafs dieselben in der angenommenen Oxydationsstufe des Eisens im Vesuvian begründet seyen.

Magnus giebt *Eisenoxydul* an, allein nur in Folge einer Annahme; Hermann giebt vorwaltend *Eisenoxyd* an neben sehr kleinen Mengen Oxydul, und hat durch directe Versuche die relativen Mengen beider zu ermitteln gesucht. Dadurch mufs sich natürlich das gegenseitige Verhältnifs der Basen $\dot{R}$ und $\dddot{R}$ wesentlich ändern.

Man sieht also, die Frage über die Zusammensetzung des Vesuvians wäre entschieden, wenn Magnus's Analysen, unter der Annahme von *Eisenoxyd* berechnet, zu demselben Resultat wie die von Hermann führten. Dafs diefs aber nicht möglich ist, lehrt ein Blick auf die oben mitgetheilten Zahlen. Sollten die von Magnus untersuchten Vesuviane *Eisenoxyd* enthalten, so müfsten ja die Analysen den Sauerstoff der Basen $\dot{R}$ noch gröfser als $1\frac{1}{2}$ ergeben haben, wenn der von $\dddot{R} = 1$ gesetzt wird. Auch habe ich schon vor längerer Zeit die Resultate einer solchen Correction mitgetheilt [1]), welche das Verhältnifs

10,2 : 12,7
10,6 : 10,0
10,3 : 10,4
11,6 : 10,1

also nahe = 1 : 1 geben, was wiederum für die Granatformel sprechen würde.

Aus Hermann's Analysen kann man nun mit grofser Sicherheit das Sauerstoffverhältnifs $12 : 8 : 20 = 1\frac{1}{2} : 1 : 2\frac{1}{2} = 3 : 2 : 5$ entnehmen. Es führt zu einer sehr einfachen Formel, denn danach ist

$$\text{Vesuvian} = 3\dot{R}^3\dddot{Si} + 2\dddot{R}\dddot{Si}$$
$$\text{Granat} = \dot{R}^3\dddot{Si} + \dddot{R}\dddot{Si}$$

und man findet die Ursache, weshalb sich beide Mineralien

1) Viertes Supplement zu meinem Handwörterbuch, S. 253.

neben einander gebildet haben, in dieser Aehnlichkeit ihrer Mischung.

Hermann selbst hat freilich, von seiner Hypothese einer sogenannten Heteromerie eingenommen, das von **Berzelius** als das Fundament der Chemie begründete Gesetz der einfachen Proportionen hier verkannt, und angenommen, das Sauerstoffverhältnifs sey $3:2:4\frac{2}{3} = 9:6:14$, allein schwerlich wird ihm irgend Jemand auf diesem Wege folgen, der nur zu Irrthümern führt.

Leider sind die sonstigen früheren Vesuviananalysen (mit Ausnahme der von **Varrentrapp** wiederholten des Vesuvians von Slatoust, welche **Magnus's** Resultate bestätigt) nicht von der Art, dafs sie zur Entscheidung der Frage beitragen könnten, was insbesondere von **Karsten's** Angaben, so wie von **Ivanow's**, **Jewreinow's** und anderen Analysen gilt.

Während die Kenntnifs der Form und der physikalischen Eigenschaften des Vesuvians noch zuletzt durch eine gröfsere Arbeit von N. **von Kokscharow**[1]) sehr vervollständigt wurde, blieb die chemische Zusammensetzung zweifelhaft, und dieser Umstand war es, der mich zu der vorliegenden Arbeit veranlafste, bei welcher die Fortschritte der analytischen Chemie in jeder Weise benutzt wurden, um die Frage zu lösen. Nehmen wir das Resultat, zu welchem ich durch das Studium von 12 Varietäten gelangt bin, hier vorweg, so stellt sich heraus, dafs *die aus den Analysen von Hermann oben berechnete Formel* $3\dot{R}^3\ddot{Si} + 2\dddot{\bar{R}}\dddot{Si}$ *oder das Sauerstoffverhältnifs* $= 3:2:5$ *richtig ist*, und man ferner nicht an eine Dimorphie der Granatmischung denken darf.

Das Material zu den Versuchen lieferten die reichen Schätze des K. Mineralienkabinets in Berlin und des Hrn. Dr. **Krantz** in Bonn. Ehe ich aber zu den einzelnen Varietäten übergehe, noch einige allgemeine Bemerkungen.

Die Analyse eines Silicats, welches nur die gewöhn-

1) Materialien zur Mineralogie Rufslands, Lief. 4 und 5, S. 92.

lichsten Basen, und nicht einmal wesentlich Alkalien enthält, ist gewifs eine einfache Sache, und mufs zu einem sicheren Resultat führen, sobald das Material mit hinreichender Sorgfalt ausgewählt ist. Viele Vesuviane liegen in Kalkspath, und sind zum Theil innig mit demselben verwachsen. Solche wurden als grobes Pulver mit schwacher Chlorwasserstoffsäure digerirt, ehe sie zur Analyse gelangten. Allein nur wenige Varietäten möchten, selbst in krystallisirter Form, überhaupt ganz rein seyn. Die schöne grüne und durchsichtige Varietät von Ala z. B. zeigt an vielen Punkten sehr kleine grünliche Chlorit- oder Glimmerschüppchen, in der Masse des Minerals eingewachsen, und wenn man die klarsten Bruchstücke heftig glüht, ohne sie zu schmelzen oder reducirende Gase hinzutreten zu lassen, so bemerkt man in der opak gewordenen mehr grauweifsen Vesuvianmasse einzelne schwarze Punkte.

Solchen Einmengungen, die bei den dunklen Varietäten sich der Beobachtung entziehen, mufs immer ein Einflufs auf das Resultat zugeschrieben werden, der sich nur dadurch eliminiren läfst, dafs man eine gröfsere Zahl von Varietäten von den verschiedensten Fundorten prüft.

Der Vesuvian wird von Säuren wenig angegriffen. Er wurde deshalb durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron aufgeschlossen, was mit Hülfe eines Gasgebläses in wenigen Minuten erfolgt. Bei der Abscheidung der einzelnen Bestandtheile stöfst man indessen zuweilen auf besondere Umstände. Die Kieselsäure, nach dem Glühen und Wägen mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron gekocht, löst sich zuweilen nicht vollständig auf (Vesuvian von Egg, Sandford), und das Ungelöste besteht dann gröfstentheils aus *Titansäure*, von der sich später noch etwas bei der Thonerde findet, so dafs ihre Gesammtmenge selbst 1 Proc. übersteigen kann (1,5 Proc. im Vesuvian von Egg; 2,4 Proc. in dem von Sandford). Ich habe sie nur in sehr dunklen Varietäten getroffen, und bin der Ansicht, dafs sie von einer Einmengung von Titaneisen herrührt.

Ein wichtiger und täglich wiederkehrender Punkt ist die

die genaue Trennung der Thonerde und des Eisenoxyds. Dafs eine wiederholte Behandlung mit Alkali nicht genügt, ist bekannt, ebenso, dafs die Fällung der Thonerde aus der alkalischen Flüssigkeit kein genaues Resultat liefert. Ich habe deshalb in den meisten Fällen die gemeinschaftliche Auflösung beider Stoffe mit Citronensäure [1]) und Ammoniak vermischt, das Eisen durch Ammoniumsulfhydrat heifs gefällt, und die Thonerde, deren Reinheit leicht zu prüfen ist, nach dem Abdampfen und Einäschern des Rückstandes erhalten.

Wenn man nach der Fällung mit Ammoniak den Kalk mittelst Oxalsäure niederschlägt, so zeigt sich nicht selten darin ein Rückhalt an Thonerde, weshalb es gut ist, den schwach geglühten kohlensauren Kalk hierauf zu prüfen.

Fuchs [2]) machte zuerst die interessante Beobachtung, dafs der Vesuvian nach dem Glühen mit Chlorwasserstoffsäure gelatinirt. Man kann daher für die Analyse sehr zweckmäfsig diesen Weg einschlagen, und wird dann wohl immer eine kleine Menge Kali, $\frac{1}{4}$ bis über 1 Proc., finden. Die chlorwasserstoffsaure Auflösung ist immer gelb gefärbt, enthält aber auch Eisenoxydul, und giebt deshalb mit molybdänsaurem Ammoniak erst eine bläuliche Flüssigkeit [3]), dann nach dem Zusatz von Salpetersäure und dem Erhitzen eine gelbe Färbung und deutliche Reaction auf *Phosphorsäure.*

Um den Vesuvian durch Säuren leicht zersetzbar zu machen, ist es nicht nöthig ihn zu schmelzen; man braucht ihn nur stark zu glühen, wobei kleine Stücke noch nicht zusammensintern.

Ich habe mich mit diesem Verhalten des Vesuvians viel

1) Nach Mitscherlich's Vorschlag, weil man davon weniger als von Weinsteinsäure bedarf, und die Kohle sich leichter verbrennen läfst. Die Citronensäure war zuvor in Alkohol aufgelöst worden, um sie kalkfrei zu erhalten.

2) Schweigg. J. 24, 376.

3) Eine Eisenoxydulauflösung giebt mit molybdänsaurem Ammoniak eine blaue Flüssigkeit in Folge der Bildung von Molybdänoxyd.



beschäftigt. Magnus hat zuerst nachgewiesen [1]), dafs der Vesuvian nach dem Schmelzen ein geringeres spec. Gewicht erlangt, eine Erscheinung, welche er auch beim Granat fand [2]), und die ich selbst beim Axinit beobachtet habe [3]). So fand Magnus das spec. Gewicht bei der Varietät

		Geschmolzen.
von Egg	= 3,45	= 2,957
aus Sibirien	= 3,40	= 2,956.

Magnus hat an dem grünen krystallisirten Vesuvian aus Sibirien nur einen Verlust von 0,7 Proc. beim Schmelzen beobachtet, den er auf Rechnung von eingeschlossener atmosphärischer Luft zu setzen geneigt war, da er in dem Mineral kein Fluor entdecken konnte.

Da ich bei der grofsen Mehrzahl derjenigen meiner Analysen, wobei das Mineral mit kohlensaurem Natron aufgeschlossen war, immer einen Verlust von einigen Procenten hatte, der nicht gut von Wasser herrühren konnte, und auch nicht durch die kleine Menge Kali gedeckt wurde, bei der Analyse des stark geglühten oder geschmolzenen Minerals durch Chlorwasserstoffsäure aber ein solcher Verlust nicht eintrat, so mufste eine flüchtige Verbindung in der Hitze fortgegangen seyn. Um die Quantität derselben zu ermitteln, wurde das möglichst reine Mineral in Gestalt kleiner Bruchstücke oder groben Pulvers zuerst über der Lampe kurze Zeit geglüht, und dann gewogen. Das Erhitzen geschah alsdann entweder in doppelten Platintiegeln oder auf Platinblech in einem Porcellanrohr, und zwar im ersten Falle über dem Gasgebläse, im letzteren in einem passenden Windofen. Auf diese Art verlor der Vesuvian von

Egg (brauner)	1,48 Proc.	— 1,77 Proc.
Sandford (brauner)	1,72 »	
Monzoni (gelber)	2,32 »	
Ala (grüner)	2,97 »	— 3,02 »

1) Pogg. Ann. 20, 477.
2) Ebend. 22, 391.
3) Ebend. 50, 366.

Die Varietät von Egg verlor also doppelt so viel als bei dem Versuche von Magnus.

Hermann giebt an, dafs einer der von ihm untersuchten krystallisirten Vesuviane, nämlich der von Achmatowsk (Slatoust), in geschmolzenen Borax gebracht, ein Aufschäumen bewirke, und bei heftigem Glühen 0,7 Proc. verliere, welche er als Kohlensäure betrachtet.

Ich habe die Vesuviane, nachdem sie grob gepulvert, mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure digerirt, ausgewaschen und über der Lampe lebhaft geglüht waren, theils in einer Platinretorte über dem Gasgebläse, theils auf Platinblech in einem Porcellanrohr im Ofenfeuer geglüht. Vorgeschlagenes Barytwasser wurde zwar immer getrübt, jedoch nicht bedeutend genug, um den ganzen Verlust auf Rechnung von Kohlensäure zu setzen, obwohl sehr feine Spalten des Minerals noch etwas kohlensauren Kalk enthalten konnten. Beim Oeffnen des Porcellanrohrs zeigten sich immer sichtliche saure Dämpfe von stechendem Geruch; mit Wasser ausgespült, wurde eine Lakmus stark röthende Flüssigkeit erhalten, in welcher Spuren von Chlorwasserstoffsäure und Phosphorsäure zu finden waren. Nach dem Sättigen mit Natron, Eindampfen und Behandeln mit Schwefelsäure habe ich niemals eine Reaction auf Fluor erhalten können, obwohl sich die innere Glasur des Rohrs stellenweise matt zeigte, und dasselbe mit dem Theil der angesetzten Glasröhre der Fall war, welcher sich zunächst befand. Zu diesen Ursachen kleiner Verluste kommt noch die partielle Reduction von Eisenoxyd, denn jeder stark geglühte oder geschmolzene Vesuvian reagirt auf Eisenoxydul, wenn diefs vorher auch durchaus nicht stattfand.

Alle Vesuviane, welche der Prüfung unterworfen wurden, zeigten vor und nach dem Glühen einen Gehalt an *Eisenoxyd.* So leicht nun die Bestimmung der Oxydationsstufe des Eisens in dem geglühten leicht zersetzbaren Mineral ist, so konnte dasselbe doch nicht benutzt werden, weil es zweifelhaft bleibt, ob der ursprüngliche Oxydationsgrad beim Glühen sich nicht ändert, was im Gegentheil

sehr wahrscheinlich ist. Ich habe deshalb, gleich wie beim Turmalin [1]), die von Hermann zuerst empfohlene Methode benutzt, das Mineralpulver mit Boraxglas zu schmelzen, und die Masse unter den gehörigen Vorsichtsmafsregeln mit Goldchlorid zu prüfen, aber selbst bei den eisenreicheren Varietäten, z. B. der dunkelbraunen vom Vesuv, oft kein Eisenoxydul gefunden. Es soll damit nicht gesagt seyn, dafs kleine Mengen desselben in Vesuvianen vorkommen, Hermann fand 0,6 bis 1 Proc. neben 5 bis 7 Proc. Eisenoxyd, und ich selbst habe z. B. in dem Vesuvian von Eger 0,45 Proc. gefunden; aber ein so geringer Gehalt übt kaum einen Einflufs auf das Gesammtresultat aller Analysen aus. Was aber schon im Voraus darauf schliefsen läfst, dafs das Eisen vorwaltend als *Oxyd* vorhanden seyn müsse, ist der Umstand, dafs die hellgelben eisenarmen Vesuviane (Vesuv, Monzoni, Dognazka) im Verhältnifs immer die thonerdereicheren sind, während bei den dunklen das Umgekehrte stattfindet. So verhalten sich z. B. die Aequivalente von Eisenoxyd und Thonerde in den Varietäten von

Monzoni, gelb	= 1 : 7	Monzoni, braun	= 1 : 1,6
Vesuv, gelbbraun	= 1 : 4	Vesuv, dunkel	= 1 : 1,3
Dognazka, »	= 1 : 3,2	Haslau, braun	= 1 : 1,6.

1. Vom Vesuv.

Eine sehr bekannte Abänderung aus den Kalksteinblöcken des Monte Somma.

Aeltere Analysen rühren von Klaproth, Karsten und Magnus her, und haben folgende Resultate gegeben, wobei ich (wie überhaupt immer, wenn Eisenoxydul angegeben ist) mir erlaubt habe, die entsprechende Menge Eisenoxyd anzuführen:

1) Pogg. Ann. 80, 460.

	Klaproth.	Karsten.	Magnus.
Kieselsäure	35,50	37,50	37,36
Thonerde	22,25	18,50	23,53
Eisenoxyd	7,50	6,94	4,44
Manganoxydul	0,25	0,10	
Kalkerde	33,00	33,71	29,68
Talkerde	—	3,10	u. $\dot{Mn}$ 5,21
	98,50.	99,85.	100,22.

Ich habe zwei Varietäten, eine gelbbraune und eine dunkelbraune, untersucht.

A. Gelbbrauner. Spec. Gew. = 3,382.

	1.	2.	3.	Mittel.	Sauerstoff.
Kieselsäure	38,09	36,40	38,77	37,75	19,61
Thonerde	17,71	17,86	16,13	17,23	8,04
Eisenoxyd	4,36	5,46	3,46	4,43	1,33
Kalkerde [1]		37,24	37,49	37,35	10,63
Talkerde	3,94	3,83	3,60	3,79	1,52
		100,39.	99,45.	100,55.	

B. Dunkelbrauner. Spec. Gew. = 3,428 — 3,429.

	1.	2.	3.	Mittel.	Sauerstoff.
Kieselsäure	38,07	37,55	37,84	37,83	19,65
Thonerde	11,92	11,30	10,35	10,98	5,13
Eisenoxyd	8,56	8,78	9,39	9,03	2,71
Kalkerde	35,27	35,33	36,08	35,69	10,15
Talkerde	4,02	3,51	4,96	4,37	1,75
	97,84.	96,47.	98,62.	97,90.	

II. Von Monzoni im Fassathal.

Ein gleichfalls sehr bekannter in bläulichen Kalk eingewachsener Vesuvian. Eine ältere Analyse v. Kobell's hatte gegeben:

Kieselsäure	37,64
Thonerde	15,42
Eisenoxyd	7,13
Kalkerde	38,24
Talkerde	—
	98,43.

1) Einschliefslich einer geringen Menge Mangan.

Auch von diesem habe ich zwei Varietäten untersucht.

A. Hellgelber. Spec. Gew. = 3,344.

	1.	2.	3[1]).	Mittel.	Sauerstoff.
Kieselsäure	38,04	38,46		38,25	19,87
Thonerde	15,07	16,42	15,00	15,49	7,25
Eisenoxyd	1,88	2,73	1,90	2,16	0,65
Kalkerde	38,12	35,74	36,22	36,70	10,48
Talkerde	4,64	4,98	3,30	4,31	1,72
Kali			0,47	0,47	0,08
				97,38.	

B. Brauner. Spec. Gew. = 3,385.

		Sauerstoff.
Kieselsäure	37,56	19,51
Thonerde	11,61	5,42
Eisenoxyd	7,29	2,19
Kalkerde	36,45	10,37
Talkerde	5,33	2,13
	98,24.	

III. Von Dognazka im Banat.

Gleichfalls bekannt genug, und von gleichem Vorkommen wie die vorigen. Magnus untersuchte eine Abänderung von Cziklowa, was derselbe oder doch ein naheliegender Fundort seyn dürfte.

Hellbraun gefärbt. Spec. Gew. = 3,378 R.
3,368 Magnus.

	Magnus.
Kieselsäure	38,52
Thonerde	20,06
Eisenoxyd	3,80
Manganoxydul	0,02
Kalkerde	32,41
Talkerde	2,99
	97,80.

1) Mittelst Fluorwasserstoffsäure analysirt.

	1.	2.	3.
Kieselsäure	38,05	36,25	
Thonerde	15,13	15,90	
Eisenoxyd	5,05	4,66	4,84
Kalkerde	36,87	36,67	
Talkerde		5,42	
Kali			0,35

Oder im Mittel:

		Sauerstoff.
Kieselsäure	37,15	19,30
Thonerde	15,52	7,25
Eisenoxyd	4,85	1,45
Kalkerde	36,77	10,46
Talkerde	5,42	2,17
Kali	0,35	0,06
	100,06.	

IV. Von Haslau bei Eger.

Diese sehr bekannte Varietät (Egeran) wurde zuerst von Dunin-Borkowsky, dann von Julin, später von Karsten untersucht.

	Karsten.
Kieselsäure	39,70
Thonerde	18,95
Eisenoxyd	3,22
Manganoxydul	0,96
Kalkerde	34,88
Talkerde	—
Natron	2,10
	99,81.

Ficinus will selbst 5 Proc. Natron in diesem Vesuvian gefunden haben.

Das spec. Gew. ist = 3,411.

	1.	2.	3[1]).
Kieselsäure	39,35	39,70	
Thonerde	13,30	13,32	
Eisenoxyd	8,35	8,45	7,32
Kalkerde	35,55	34,87	34,63
Talkerde	1,75	2,14	1,73
Kali			1,32

1) Mit Fluorwasserstoffsäure.



	Mittel.	Sauerstoff.
Kieselsäure	39,52	20,53
Thonerde	13,31	6,21
Eisenoxyd	8,04	2,11
Kalkerde	35,02	9,96
Talkerde	1,54	0,62
Kali	1,32	0,22
	98,75.	

V. Von Egg bei Christiansand (Norwegen).

Eine grünlich braune krystallisirte Abänderung mit braunrothem Granat verwachsen. Die frühere Analyse von Magnus bezieht sich auf das zuvor *geschmolzene* Mineral. Sie hatte gegeben:

Kieselsäure	37,66
Thonerde	17,69
Eisenoxyd	6,49
Manganoxydul	0,50
Kalkerde	31,89
Talkerde	4,54
Kali	Spur
	98,77.

Das spec. Gew. fand ich = 3,436.

	1.	2.	3.
Titansäure } Kieselsäure }	38,55	39,07	1,51 / 37,20
Thonerde	12,80	12,57	14,54
Eisenoxyd	9,07	10,44	5,76
Manganoxydul	0,23 }	33,68	33,98
Kalkerde	33,57 }		
Talkerde		3,70	4,73
Kali		0,31	

Oder im Mittel:

		Sauerstoff.
Titansäure	1,51	0,60
Kieselsäure	37,20	19,33
Thonerde	13,30	6,21
Eisenoxyd	8,42	2,52
Kalkerde [1]	34,48	9,81
Talkerde	4,22	1,69
Kali	0,31	0,05
	99,44.	

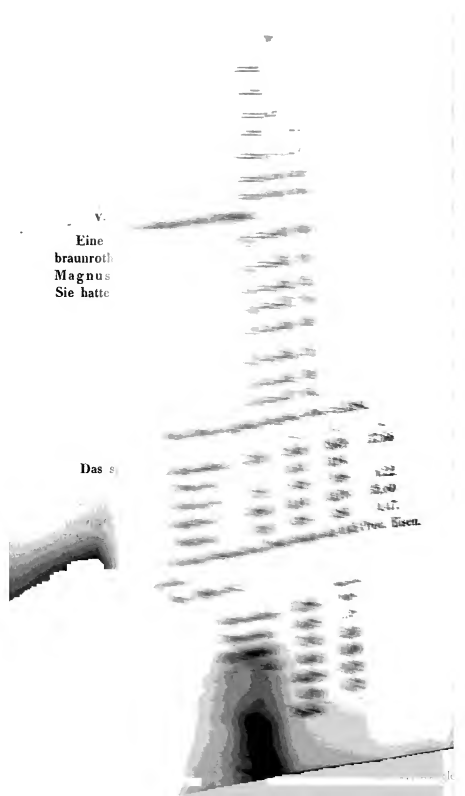
Die Analyse No. 2 ist mit geschmolzenem Vesuvian und Chlorwasserstoffsäure gemacht. Kocht man das feine Pulver des ungeschmolzenen mit dieser Säure, so giebt die gelbe Auflösung, welche von sämmtlichen Basen enthält, keine Reaction auf Eisenoxydul, während die Auflösung des geschmolzenen sehr deutlich darauf reagirt.

Es ist wohl am wahrscheinlichsten eine Einmengung von Titaneisen vorauszusetzen, welches sich in der That in dem begleitenden Granat in Körnern von schwarzer Farbe wahrnehmen läfst. Nimmt man die bekannte Zusammensetzung des zunächst vorkommenden von Egersund, welche $=\ddot{\mathrm{Ti}}^2\,\dddot{\overline{\mathrm{Fe}}}^3$ ist, auch hier an, so sind 1,51 $\ddot{\mathrm{Ti}}$ = 1,36 $\ddot{\mathrm{Ti}}$ mit 2,26 $\dddot{\overline{\mathrm{Fe}}}$ zu 3,62 Titaneisen verbunden. Jene Quantität Eisenoxyd abgezogen, bleiben 6,16 Proc. = 1,84 Sauerstoff.

VI. Von Eger in Norwegen.

Diese schöne Abänderung findet sich in der Nähe von Hougsund, Kirchspiel Eger, zwischen Kongsberg und Drammen, da wo Keilhau's harte Schiefer von Grünsteingängen durchsetzt werden, und ist von einem röthlichen Granat und einem skapolithähnlichen Mineral begleitet. Es sind hauptsächlich Combinationen des ersten quadratischen Prismas und der Endfläche; die Kanten von jenem abgestumpft durch das zweite Prisma und zugeschärft durch ein vier- und vierkantiges Prisma. Die Endigung zeigt das Hauptoctaëder, das dreifach stumpfere, das erste stumpfere, und einen Vierkantner, wahrscheinlich $a : \frac{1}{2}a : c$. Bezeichnet man

1) Und Mangan.



V.

Eine
braunroth
Magnus
Sie hatte

Das s

In No. 1 wurden 16,84 Proc. Thonerde erhalten, allein diese, so wie die von No. 2, enthielt etwas Kali, wodurch der Gehalt zu hoch ausgefallen ist.

VII. Von Sandford in Nordamerika.

Zu Sandford, York County im Staate Maine, kommt diese Abänderung mit Epidot, Granat und Kalkspath in dunkel grünlichbraunen grofsen Krystallen vor, welche die Flächen der vorhergehenden, mit Ausnahme von $\frac{o}{3}$ und *d*, zeigen. Ihr spec. Gew. ist $= 3{,}434$.

	1.	2.	3.
Titansäure	39,35	2,36	2,43
Kieselsäure		38,29	36,89
Thonerde [1])	17,45	15,67	15,62
Eisenoxyd	6,51	5,63	
Kalkerde	35,23	36,86	35,50
Talkerde	1,59	2,02	2,57

Mittel:

		Sauerstoff
Titansäure	2,40	
Kieselsäure	37,64	19,56
Thonerde	15,64	7,30
Eisenoxyd	6,07	1,82
Kalkerde	35,86	10,20
Talkerde	2,06	0,82
	99,67.	

No 2 ist mit dem geschmolzenen Mineral gemacht. Ist das Titaneisen $= \dddot{\text{Ti}}\dddot{\text{Fe}}$ (wahrscheinlich enthält es noch mehr Eisen), so erfordern 2,4 $\ddot{\text{Ti}} = 2{,}16\ \dddot{\text{Ti}}\ 2{,}39\ \dddot{\text{Fe}}$, so dafs 3,68 $\dddot{\text{Fe}} = 1{,}10$ Sauerstoff bleiben.

VIII. Von Tunaberg.

Von Oesterberg- und Marmorgrufva in Tunabergs Kirchspiel in Schweden, von Granat und grobkörnigem Kalkspath begleitet, in grünlich braunschwarzen Krystallen, welche

1) Titansäure enthaltend.



dieselben Flächen wie die Varietät von Eger zeigen, nur mit dem Unterschiede, dafs das Hauptoctaëder in der Endigung vorherrscht.

Das spec. Gew. ist = 3,383.

Eine Analyse gab:

		Sauerstoff.
Kieselsäure	37,33	19,39
Thonerde	12,69	5,92
Eisenoxyd	8,61	2,58
Kalkerde	35,00	9,96
Talkerde	3,32	1,33
	96,95.	

IX. Vom Wilui.

Dieser Vesuvian kommt am Flusse Achtaragda vor, der sich in den Wilui ergiefst. Dunkel braungrüne Krystalle, deren spec. Gew. nach meinen Versuchen = 3,415 ist. (3,392 Sewergin; 3,395 v. Kokscharow; 3,375 Hermann). Er wurde bisher von Lowitz, Klaproth, Jewreinow und Hermann analysirt.

	Jewreinow.	Hermann.	Sauerstoff.
Kieselsäure	37,47	38,23	19,82
Thonerde	18,40	14,32	6,68
Eisenoxyd	7,04	5,34	1,60
Eisenoxydul	—	1,03	0,22
Manganoxydul	0,45	0,50	0,11
Kalkerde	32,80	34,20	9,78
Talkerde	3,38	6,37	2,46
	99,54.	99,99.	

Ich fand:

		Sauerstoff.
Kieselsäure	38,40	19,95
Thonerde	10,51	4,91
Eisenoxyd	7,15	2,14
Kalkerde	35,96	10,23
Talkerde	7,70	3,08
	99,72.	

X. Von Ala.

Die bekannte schöne krystallisirte Abänderung von grüner Farbe, deren spec. Gew. nach meinen Versuchen = 3,407 ist. Karsten und v. Kobell haben sie früher, jedoch mit geringer Uebereinstimmung, untersucht.

	Karsten.	v. Kobell.
Kieselsäure	39,25	34,85
Thonerde	18,10	20,71
Eisenoxyd	4,78	6,00
Manganoxydul	0,75	—
Kalkerde	33,85	35,61
Talkerde	2,70	—
	99,43.	97,17.

Meine Analysen ergaben:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kieselsäure	37,93	36,26	37,28		37,48	36,78
Thonerde	14,58	13,40	12,70	12,22	14,32	
Eisenoxyd	6,37	6,55	7,46	6,32	5,67	
Manganoxydul } Kalkerde }	38,37	0,18	36,91	0,95 }	38,30	
		36,71		35,95 }		
Talkerde		3,12	2,59	2,90		
Kali				0,93		

Oder im Mittel:

		Sauerstoff.
Kieselsäure	37,15	19,00
Thonerde	13,44	6,27
Eisenoxyd	6,47	1,94
Kalkerde [1])	37,41	10,71
Talkerde	2,87	1,15
Kali	0,93	0,16
	98,27.	

Eine Probe möglichst reinen Materials in kleinen Stücken, die mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure digerirt, ausgewaschen, getrocknet und schwach geglüht worden war, verlor beim Schmelzen 3 Proc. und verwandelte sich in eine opake

1) Und Mangan.

helle hie und da dunkel gefärbte Masse, welche bei der Analyse mittelst Chlorwasserstoffsäure gab:

		Sauerstoff.
Kieselsäure	39,70	20,62
Thonerde	12,90	6,02
Eisenoxyd	7,40	2,22
Manganoxydul	0,40	0,09
Kalkerde	36,86	10,48
Talkerde	3,18	1,27
Kali	nicht bestimmt	
	100,44.	

An die vorstehenden reihen sich noch einige Analysen russischer Vesuviane, welche hier in einer Uebersicht folgen mögen, obgleich manche davon theils unvollständig, theils wohl unrichtig sind.

XI. Von Achmatowsk.

Die Grube Achmatowsk liegt in den Nasjamsker Bergen des Urals auf Gängen von Kalkspath im Chloritschiefer.

1. Sehr schöne grüne Krystalle mit herrschenden Prismenflächen. Spec. Gew. = 3,40 Hermann; 3,354 v. Kokscharow. Von Hermann analysirt.

2. Dunkelgrüne Krystalle, an denen das Hauptoctaëder vorherrscht. Spec. Gew. = 3,400 v, Kokscharow. Von Iwanow neuerlich untersucht.

3. Ziemlich grofse dunkelbraune prismatische Krystalle. Zwei unvollständige Analysen aus dem Laboratorio des Bergdepartements in Petersburg.

4. Dem vorigen ganz ähnlich. Von Iwanow früher untersucht.

5. Dunkelrothbraune Krystalle von octaëdrischem Habitus. Spec. Gew. = 3,364 v. Kokscharow. Gleichfalls in dem genannten Laboratorio untersucht.

	1.	Sauerst.	2.	3. a.	3. b.	4.	5.
Kohlensäure	0,70		—	—	—	—	—
Kieselsäure	37,62	19,82	38,72	36,40	37,25	37,08	38,00
Thonerde	13,25	6,68	11,82	9,33	8,10	14,16	12,86
Eisenoxyd	7,12	1,60	15,28	12,93	14,44	17,80	7,80
Eisenoxydul	0,60	0,13	—			—	—
Manganoxydul	0,50	0,11	—			—	—
Kalkerde	36,43	9,78	30,98			30,88	32,23
Talkerde	3,79	2,46	2,65			1,86	1,80
	100,01		99,45			101,78	92,69

XII. Von Medwediewa.

Kleine grüne Krystalle, in der Nähe des Dorfes Medwediewa in der Schischimskaja Gora im Bezirke Slatoust des Urals vorkommend, von Hermann *Heteromerit* genannt. Spec. Gew. = 3,410 Magnus; 3,346 Varrentrapp; 3,380 Kenngott.

Diese Varietät ist von Magnus, Varrentrapp und v. Hauer analysirt worden.

	Magnus.	Varrentrapp. a.	Varrentrapp. b.	v. Hauer.
Kieselsäure	37,18	37,55	37,84	36,59
Thonerde	18,11	17,88	17,99	22,25
Eisenoxyd	5,19	7,04	7,16	5,07
Manganoxydul	1,49	—	—	—
Kalkerde	35,79	35,56	35,18	34,81
Talkerde	0,77	2,62	2,81	Spur
	98,53	100,65	100,98	Glühverl. 0,55
				99,27.

Zur Analyse *b* diente das geschmolzene Mineral.

	Sauerstoff.			
Kieselsäure	19,32	19,51	19,66	18,94
Thonerde	8,46	8,35	8,40	10,39
Eisenoxyd	1,56	2,11	2,15	1,52
Manganoxydul	0,33	—	—	—
Kalkerde	10,18	10,11	10,01	9,95
Talkerde	0,31	1,05	1,12	

XIII. Von Poljakowsk.

Aus der Nähe des vorigen, in den Kumatschinker Bergen in hellgrünen flächenreichen Krystallen vorkommend.

Spec. Gew. = 3,42 Hermann; 3,373 v. Kokscharow.

	Hermann.	Sauerstoff.
Kieselsäure	38,18	19,84
Thonerde	14,34	6,70
Eisenoxyd	5,26	1,57
Eisenoxydul	0,61	0,13
Manganoxydul	2,10	0,47
Kalkerde	32,69	9,18
Talkerde	6,20	2,40
	99,38.	

XIV. Von Mäntzälä.

In den Marmorbrüchen des Kirchspiels Mäntzälä in Finnland, von Nordenskiöld aufgefunden und *Jewreinowit* genannt. Krystalle und stenglige Masse; farblos, meist aber bräunlich.

Besteht nach Iwanow aus:

Kieselsäure	37,41
Thonerde	20,00
Eisenoxyd	4,60
Kalkerde	34,20
Kali	1,16
Natron	1,70
	99,07.

XV. Von Frugård.

Im Kreise Nyland in Finnland vorkommend, von Nordenskiöld entdeckt und *Frugårdit* genannt. Derb und krystallisirt, von olivengrüner Farbe.

Spec. Gew. = 3,349 Nordenskiöld.

	Nordenskiöld.	Sauerstoff.
Kieselsäure	38,53	20,02
Thonerde	17,40	8,12
Eisenoxyd	4,43	1,30
Manganoxydul	0,33	0,07
Kalkerde	27,70	7,88
Talkerde	10,60	4,24
	98,99.	

Diese Varietät zeichnet sich durch ihren grofsen Talkerdegehalt vor allen anderen aus.

Stellt man nun das Sauerstoffverhältnifs, welches zwischen den Monoxyden, den Sesquioxyden und der Kieselsäure herrscht, zusammen, so ergeben sich folgende Resultate:

Eigene Analysen.

Vesuv *A.*	= 12,15 : 9,37 : 19,61 = 1,3 : 1 : 2,1
do. *B.*	= 11,90 : 7,84 : 19,65 = 1,5 : 1 : 2,5
Monzoni *A.*	= 12,24 : 7,88 : 19,87 = 1,5 : 1 : 2,5
do. *B.*	= 12,50 : 7,61 : 19,51 = 1,6 : 1 : 2,5
Dognazka	= 12,69 : 8,70 : 19,30 = 1,5 : 1 : 2,2
Haslau	= 10,80 : 8,62 : 20,53 = 1,3 : 1 : 2,4
Egg	= 10,53 : 8,05 : 19,33 = 1,4 : 1 : 2,4
Eger	= 11,47 : 8,99 : 19,68 = 1,3 : 1 : 2,2
Sandford	= 11,02 : 8,40 : 19,56 = 1,3 : 1 : 2,3
Tunaberg	= 11,29 : 8,50 : 19,39 = 1,3 : 1 : 2,3
Wilui	= 13,31 : 7,05 : 19,95 = 1,9 : 1 : 2,8
Ala { ungeschmolzen	= 12,02 : 8,21 : 19,30 = 1,5 : 1 : 2,3
Ala { geschmolzen	= 11,84 : 8,24 : 20,62 = 1,4 : 1 : 2,5.

Analysen Anderer.

Achmatowsk = 12,48 : 8,28 : 19,82 = 1,5 : 1 : 2,4
(Hermann),
Poljakowsk = 12,18 : 8,27 : 19,84 = 1,5 : 1 : 2,4
Hermann),
Wilui = 12,57 : 8,28 : 19,82 = 1,5 : 1 : 2,4
(Hermann),
Frugård = 12,19 : 9,42 : 20,02 = 1,3 : 1 : 2,1
(Nordenskiöld).

Alle diese Zahlen kommen offenbar auf das Verhältnifs 12 : 8 : 20 = 1,5 : 1 : 2,5 hinaus.

Aus mehreren Analysen Anderer geht freilich diefs Resultat nicht hervor, und eine Kritik derselben ist schwierig. Manche zeigen es allerdings auch, wenn man den Eisengehalt ganz oder zu einem bedeutenden Theil als *Oxydul* in Rechnung bringt.

Das erstere ist der Fall bei dem Vesuvian von Medwediewa (Slatoust) in den Analysen von Magnus und Varrentrapp, welche unter der Annahme, es sey *nur* Eisenoxyd vorhanden, fast das Verhältnifs von 1 : 1 : 2 geben. Setzt man dafür Eisenoxydul, so hat man

1. = 11,86 : 8,46 : 19,32 = 1,4 : 1 : 2,3
2 *a*. = 12,67 : 8,35 : 19,51 = 1,5 : 1 : 2,3
b. = 12,56 : 8,40 : 19,66 = 1,5 : 1 : 2,3.

Das letztere findet statt bei dem Vesuvian von Achmatowsk in Iwanow's Analysen, welche sehr viel Eisen angeben. Um das Sauerstoffverhältnifs $\dot{R} : \dddot{R} = 3 : 2$ zu erhalten, würde man haben in

	2.	4.
Eisenoxyd	7,15	4,90
Eisenoxydul	7,26	11,61.

Dann ist das Sauerstoffverhältnifs:

2. = 11,48 : 7,66 : 20,12 = 1,5 : 1 : 2,6
4. = 12,10 : 8,08 : 19,26 = 1,5 : 1 : 2,4.

Die von Hermann und von mir ausgeführten Analysen stellen hiernach die Formel des Vesuvians $= 3\dot{R}^3 \dddot{Si} + 2\dddot{R} \dddot{Si}$ fest.

VII. *Ein Beitrag zur näheren Kenntnifs des Dolomits in den Walliser Alpen; von W. Sartorius v. Waltershausen.*

Der weifse krystallinische Dolomit im Alpengebirge hat seit einer längeren Reihe von Jahren die Aufmerksamkeit der Geologen auf sich gezogen; die Ansichten, welche Leopold von Buch über die Entstehung desselben aufgestellt hat, so wie die Zweifel, welche sich später dagegen erhoben haben, sind allgemein bekannt. Zur weiteren Aufklärung eines immer noch dunkeln Gebietes in der Bildungsgeschichte unserer Erdrinde werden daher neue Beobachtungen nicht überflüssig erscheinen, zu denen sich mir auf meiner letzten Reise in den Alpen, in diesem und im vergangenen Jahre mehrfache Gelegenheit dargeboten hat.

Meine Untersuchungen beziehen sich vorzugsweise auf den Dolomit des Binnenthales in der Nähe von Imfeld im Oberwallis, der dort eine, etwa der Hauptrichtung des Thales parallellaufende, zwischen einem metamorphischen Schiefer und Gneus eingelagerte, vertical aufgerichtete, Schicht bildet, die eine Mächtigkeit von 40 bis 50 Metern zu besitzen pflegt. Auch die benachbarten Schiefergesteine stehen vertical, bei einem Streichen von S. 75° W. Gypsablagerungen bemerkt man hier nicht, obwohl nach Studer's gründlichen Untersuchungen in keiner bedeutenden Entfernung vom Binnenthale, auf dem Rofswaldpafs, vertical stehende Schichten von Gyps und Dolomit in enger Verbindung mit einander angetroffen werden. In etwas gröfserer Entfernung am Passodan, im Val di Canaria und an mehreren anderen Punkten ist gleichfalls ein inniger Zusammenhang zwischen Dolomit und Gyps zu beobachten.

Der Dolomit des Binnenthales ist von zuckerartigem Korn, blendend weifs, rauh anzufühlen, bricht zwischen den Fingern zerreiblich und zeigt unter dem Mikroskop

eine Zusammenhäufung kleiner, meist unvollständig ausgebildeter, innig mit einander verwachsener Rhomboëder. In Salzsäure ist er nur in der Wärme löslich und entwickelt alsdann Kohlensäure.

Das spec. Gewicht ist = 2,845.

Die chemische Zusammensetzung dieses Dolomits ergab sich folgendermafsen:

Kalk	29,852
Magnesia	20,488
Kohlensäure	45,566
Unlöslicher Rückstand	3,314
	99,220.

Der in Salzsäure unlösliche Rückstand besteht aus gelblichen Glimmerschuppen, welche hin und wieder auch in gröfserer Menge durch diesen Dolomit verbreitet sind, und kleinen Krystallen von Magneteisenstein. Nach Abzug des Rückstands giebt die auf 100 reducirte Analyse:

Kohlensauren Kalk	55,128
Kohlensaure Magnesia	44,872.

Dieser Dolomit entspricht daher genähert der Verbindung von einem Atom kohlensauren Kalks und einem Atom kohlensaurer Magnesia, wofür man (die Atomengewichte von Kalk = 350, von Magnesia = 250 und von Kohlensäure = 275,12 gesetzt), 54,343 kohlensauren Kalk und 45,657 kohlensaure Magnesia berechnet. In anderen Dolomiten dagegen ist öfter Kalk und Magnesia nicht nach bestimmten Atomenverhältnissen mit einander verbunden.

Von besonderm Interesse für die Dolomitformation des Binnenthals ist eine Reihe fremder Mineralkörper, die sich etwa in der Mitte des Lagers in mehreren parallel in der Richtung S 75° W fortlaufenden schmalen Gängen findet und die sowohl von mineralogischem als von geologischem Standpunkte aus eine genauere Aufmerksamkeit zu verdienen scheint. Es sind hier fünf Gruppen von Mineralkörpern hervorzuheben:

1) Schwefelmetalle,
2) Oxyde,
3) Kohlensaure Salze,
4) Silicate,
5) Schwefelsaure Salze.

Wir werden hier diese Gruppen etwas näher beschreiben.

1. Schwefelmetalle.

Als bekannt sind anzuführen, Zinkblende, die in ausgezeichneten Zwillingen gefunden wird, deren krystallographische Beschreibung ich gelegentlich mittheilen werde. Ferner erscheint der Schwefelkies immer in vollständigen Krystallen sehr allgemein verbreitet. Sodann werden kleine Lamellen von Auripigment und prachtvolle durchsichtige Krystalle von Realgar gefunden. Endlich bemerkt man gewisse Grauerze, von denen ich nachweisen werde, dafs sie mehrern verschiedenen Mineralspecies entsprechen.

Hr. Damour, dem wir viele vortreffliche Arbeiten in der Mineralchemie verdanken, hat eins dieser Grauerze zuerst chemisch untersucht und dafür den Namen Dufrenoysit eingeführt. Die von ihm dafür aufgestellte stöchiometrische Formel ist:

$$PbS + AsS^3 = \acute{P}b^2 \overset{\prime\prime\prime}{A}s,$$

also eine Verbindung von zwei Atomen Bleiglanz, mit einem Atom Auripigment. Ein Mittel aus zwei Analysen [1]) mit der Rechnung verglichen, giebt folgendes Resultat:

	Beob.	Berechn.	Ber. → Beob.
Schwefel	22,393	22,465	+ 0,072
Arsen	20,778	21,053	+ 0,275
Blei	55,999	55,615	— 0,384
Silber	0,190	0,205	+ 0,015
Kupfer	0,260	0,269	+ 0,009
Eisen	0,380	0,393	+ 0,013
	100,000.	100,000.	

Obwohl diese Analyse nichts zu wünschen übrig läfst und an ihrer Richtigkeit durchaus nicht gezweifelt werden

1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3. *serie*, *t. XIV. p.* 379.

kann, so sind doch noch für die genauere Kenntnifs dieses Minerals mehrere wesentliche Bemerkungen hinzuzufügen.

Damour erwähnt zunächst, dafs der Dufrenoysit in schönen glänzenden Krystallen im isometrischen Systeme in der Form $\infty O\ 2O2$ erscheine und bemerkt ferner, dafs das erwähnte Mineral dieselbe stöchiometrische Formel des von H. Rose analysirten Federerzes besitze, nur mit Vertauschung von Arsen für Antimon. Man hat bisjetzt der Krystallform des Federerzes nicht die nöthige Aufmerksamkeit geschenkt; doch unterliegt es, wie ich weiter unten zeigen werde, keinem Zweifel, dafs dieses Mineral ähnlich dem Grauspiefsglanzerz im trimetrischen Systeme ausgebildet ist.

Es ist daher sehr auffallend, dafs der von Damour analysirte Dufrenoysit isometrisch und das ihm chemisch so nah verwandte Federerz trimetrisch krystallisire; eine Anomalie, die entweder einen Dimorphismus dieser Verbindungen anzeigt, oder was wahrscheinlicher ist, eine Verwechselung zweier verschiedener Mineralkörper, von denen der eine nur chemisch, der andere dagegen nur krystallographisch untersucht worden ist, vermuthen läfst.

Als ich im vergangenen Herbst auf einer Reise durch die Schweiz die Dolomite des Binnenthales näher kennen lernte, konnte ich auch auf den Dufrenoysit um so mehr meine Aufmerksamkeit richten, da ich in Paris durch die gütigen Mittheilungen des Hrn. Damour zu weiteren Nachforschungen aufgemuntert worden war.

Nach einer genaueren Prüfung an Ort und Stelle, wo mir ein reiches Material zu Gebote stand, überzeugte ich mich, dafs unter den Grauerzen jener Dolomite mehrere Mineralkörper von verschiedener Krystallform und verschiedener chemischer Zusammensetzung enthalten sind, die sich aber im derben Zustande sehr leicht mit einander verwechseln lassen. Es zeigte sich nämlich, dafs bald isometrische, bald trimetrische Krystalle, sogar beide öfter an demselben Stücke, vorhanden waren, die zunächst einer sorgfälti-

gen chemisch-mineralogischen Untersuchung anheimfallen mufsten.

Für den isometrischen Mineralkörper dieser Gruppe behalten wir ferner den bereits von Damour gegebenen Namen Dufrenoysit bei, der auch seit einiger Zeit in mehrere systematische Werke übergegangen ist. Die Dufrenoysit-Krystalle, welche meist die Combination vom Granatdodecaëder und Ikositetraëder zeigen, sind öfter sehr eigenthümlich nach einer Hauptaxe verlängert, so dafs sie Krystallen des dimetrischen Systems, etwa denen des Zinnsteins gleichen. Sie sind meist vollkommen isolirt im Dolomit ausgeschieden und erreichen nur selten die Gröfse einer Erbse; gewöhnlich aber sind sie beträchtlich kleiner und gehören überhaupt zu den seltneren Vorkommnissen. Ihre Farbe ist tiefstahlgrau bis eisenschwarz, ihre Oberflächen vollkommen spiegelnd und daher zu guten Messungen besonders geeignet. Auf den muschlichen Bruchflächen ist die Farbe des Dufrenoysits mehr in das Bräunliche als in das Bleigraue übergehend. Nach längerem Suchen ist es mir gelungen ein Exemplar zu finden, welche ein Bruchstück eines sehr grofsen Krystalles zu seyn schien und das unmittelbar mit einem noch deutlich erhaltenen Krystalle verwachsen war. Dieser Krystall wurde zunächst vorsichtig abgenommen und zeigte nach drei verschiedenen Richtungen gemessen den Winkel eines Granatdodecaëders. Das mit demselben eng verwachsene Erz wurde zuerst zu einer specifischen Gewichtsbestimmung und darauf zu einer quantitativen Analyse benutzt.

Hr. Uhrlaub, der sich hier seit mehreren Jahren mit grofsem Eifer der Chemie gewidmet hat, hat mit mir in Gemeinschaft die im Nachfolgenden mitgetheilten Analysen zur Ausführung gebracht und ich glaube, dafs dabei die besten Hülfsmittel und die gröfste Sorgfalt von uns aufgeboten ist, um zuverlässige Resultate zu erhalten. Die Atomengewichte der Körper, welche zur Berechnung derselben gedient haben, werden hier zunächst angeführt:



Schwefel	200,75	Kupfer	395,60
Silber	1349,66	Natron	387,17
Stickstoff	87,53	Antimon	806,452
Eisen	350,527	Kieselsäure	572,299
Kali	589,300	Arsen	468,75
Magnesia	150,19	Thonerde	641,80
Antimon	806,45	Blei	1294,645
Kalk	351,650	Phosphor	196,020
Wasserstoff	6,25		

Die verschiedenen Grauerze wurden mit Chlor aufgeschlossen und dann in herkömmlicher Weise analysirt.

Der Dufrenoysit von der vorhin erwähnten Stufe, deren Krystall zugleich gemessen und als isometrisch erkannt war, hatte folgende Zusammensetzung:

Schwefel	27,546
Arsen	30,059
Silber	1,229
Blei	2,749
Kupfer	37,746
Eisen	0,824
	100,153.

Es ist wahrscheinlich, dafs der geringe Eisengehalt dem Dufrenoysit nicht angehört, sondern von etwas beigemengtem Schwefelkies herrührt, der in grofser Menge in den Dolomiten des Binnenthals vorkommt. Nach Abzug des Schwefelkieses bleibt für die reine auf 100 reducirte Verbindung:

		Atomenmaafs.
Schwefel	27,039	0,1346800
Arsen	30,552	0,065178
Silber	1,249	} 0,1000638.
Blei	2,794	
Kupfer	38,366	

Diese Zahlen entsprechen ziemlich gut der Norm (3, 2, 4), woraus man die einfache Formel:

$$\overset{,}{R}\overset{,,}{As} + \overset{,}{R}$$

ableitet, wo unter R Silber, Blei und Kupfer vereint werden. Die beobachtete und nach der Formel berechnete Analyse ergiebt folgende Zahlen:

	Beob.	Berech.	Beob. — Ber.
Schwefel	27,039	26,662	+ 0,377
Arsen	30,552	31,126	— 0,514
Silber	1,249	1,243	+ 0,006
Blei	2,794	2,781	+ 0,013
Kupfer	38,366	38,188	+ 0,178.

Diese Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung kann zwar im Vergleich mit ähnlichen Analysen als genügend angesehen werden; doch gestaltet sie sich noch etwas günstiger, wenn man die einzelnen Gruppen der Formel $\overset{\prime}{R}\overset{\prime\prime}{As}$ und $\overset{\prime}{R}$ in einem passenden Verhältnifs mit einander mischt.

Man gelangt alsdann zu den Gleichungen:

$$2x + y = 0{,}1000638$$
$$2x \quad = 0{,}0651780$$
$$3x + y = 0{,}1346800,$$

woraus die wahrscheinlichsten Werthe $x = 0{,}032819$, $y = 0{,}0353468$ abgeleitet werden. Berechnet man hiermit die beiden Theile der Analyse, so ergiebt sich:

	$\overset{\prime}{R}\overset{\prime\prime}{As}$.		$\overset{\prime}{R}$.		Berech.	Beob.	
Schwefel	19,766	+	7,096	=	26,862	27,039	— 0,164
Arsen	30,768	+		=	30,768	30,552	— 0,219
Silber	0,815	+	0,438	=	1,253	1,249	— 0,004
Blei	1,822	+	0,981	=	2,803	2,794	— 0,099
Kupfer	25,000	+	13,462	=	38,462	38,366	+ 0,096
	78,171	+	21,977	=	100,148.		

Wenn daher $\overset{\prime}{R}\overset{\prime\prime}{As}$ und $\overset{\prime}{R}$ im Verhältnifs von 68,171 : 21,977 = 1 : 0,32312 gemischt werden, so wird zwischen Beobachtung und Rechnung eine noch günstigere Uebereinstimmung hervorgebracht als vorhin. Man kann auch der Formel die Gestalt:

$$\overset{\prime}{Cu}\overset{\prime\prime}{As} + (\overset{\prime}{Cu} + \overset{\prime}{r})$$

geben, wo unter $\acute{r}$ das ganze Silber und der gröfste Theil des Bleis, nämlich 2,123, isomorph untergebracht werden können.

Ein Schwefelmetall, in dem Schwefelarsen in der Gestalt von Realgar erscheint, ist bis jetzt noch nicht beobachtet worden und repräsentirt daher eine ganz besondere Gruppe von Mineralkörpern.

Wegen der grofsen Seltenheit des Dufrenoysits ist es nicht möglich gewesen das Material zu einer zweiten quantitativen Analyse zu finden, jedoch wurde noch ein einzelner kleiner Krystall von der Form ∞O $2O2$ zu einer qualitativen Prüfung geopfert und der hervorstechende Kupfer- und Schwefelgehalt bei geringen Mengen von Blei aufs Neue nachgewiesen.

Aus den eben mitgetheilten Untersuchungen geht es deutlich hervor, dafs die von Damour mitgetheilte Analyse, der die Formel $\acute{P}b^2\overset{\prime\prime\prime}{A}s$ entspricht, dem Dufrenoysit nicht zugehört. Eine Verwechselung beider Mineralkörper ist sehr leicht möglich, zumal wenn man nur über wenige Exemplare bei den Untersuchungen verfügen kann, wo die auch seltenen trimetrischen Krystalle des anderen Minerals vielleicht nicht ausgebildet erscheinen.

Es ist besonders beachtungswerth, dafs zur Erkennung des Dufrenoysits im unkrystallisirten Zustande das specifische Gewicht einen festen Haltpunkt darbietet, welches erheblich geringer ist, als das des von Damour analysirten Minerals.

Vom Dufrenoysit theilen wir drei spec. Gewichtsbestimmungen mit. Die Zahlen unter 1 und 2 sind mit Substanz von demselben Stücke angestellt, bei 2 konnte aber nur eine sehr geringe Quantität verwendet werden. Zu 3 wurde ein isolirter Krystall benutzt, an dem einige kleine Pünktchen von Realgar, die sich nicht trennen liefsen, bemerkt worden sind. Die letzte Zahl ist daher wohl etwas zu klein.

Es ergeben sich die specifischen Gewichte folgendermafsen:

1) 4,348 16°,3 C.
2) 4,689 17 ,7
3) 4,393 17 ,5

Das Mittel ist = 4,477, welche Zahl eine ganze Einheit geringer ist als die specifischen Gewichte der jetzt ausführlich zu beschreibenden Verbindungen von Schwefel, Blei und Arsen.

Nachdem ich im Binnenthal eine gröfsere Auswahl dieser Grauerze zu sehen Gelegenheit hatte, bemerkte ich sehr bald in Verbindung mit dem Dufrenoysit bleigraue Krystalle aus dem trimetrischen Systeme. Sie sind jedoch in den wenigsten Fällen von der Beschaffenheit, dafs sie sich zu einer genaueren krystallographischen Bestimmung eignen, da sie sich wegen ihrer aufserordentlichen Sprödigkeit nicht von der Gesteinsunterlage befreien lassen. Mehrere der schönsten Krystalle, die ich für Messungen bestimmt hatte, zerbrachen in die kleinsten Splitter, eben als ich im Begriff war sie von dem Dolomit zu trennen. Die Farbe dieser trimetrischen Grauerze ist sehr verschieden. Sie ist gewöhnlich hell bleigrau bis fast zinnweifs, nach der anderen Seite hin stahlgrau bis eisenschwarz. Die Krystalle sind an den Endflächen selten deutlich abgegränzt; die Zone der Hauptprismen ist stark gestreift doch zuweilen gut mefsbar. Hin und wieder sind die Krystalle sehr unvollkommen ausgebildet, faserig und nadelförmig und liegen in einem Netzwerk ausgebreitet schief übereinander.

Nicht ohne Mühe ist es mir gelungen einige Krystalle zu erhalten, die sich für gute Messungen geeignet haben. Eine fast eisenschwarze Varietät dieses Minerals zeigte die Gestalt von Fig. 9, Taf. I. Die Winkelmessungen ergaben folgende Zahlen:

$a : a' = 115^\circ\ 15'\ 44''$
$a : b = 134\ \ 59\ \ 22$
$a : b = 134\ \ 58\ \ 58.$

Aufser diesen zuverlässigen Messungen stellte ich mehrere mit verticalen Prismen an, die bis jetzt noch kein voll-

kommen genügendes Resultat gegeben haben, weshalb ich sie gelegentlich mittheilen werde, wenn sie durch neue Beobachtungen ihre Bestätigung gefunden haben.

Die aus den angeführten Messungen abgeleiteten Parameter sind:

$$a:b:c = 1:0{,}96948:0{,}63385.$$

Die Combination von Fig. 9 Taf. I ist:

$$0P,\ \bar{P}\infty,\ \breve{P}\infty,\ \infty P,\ \infty\bar{P}\infty,\ \infty\breve{P}\infty,$$

[0 0 1] [0 1 1] [1 0 1] [1 1 0] [0 1 0] [1 0 0].

Zwischen ∞P und $\infty\bar{P}\infty$ und $\infty\breve{P}\infty$ liegen jene erwähnten Prismen, die sich durch eine sehr hervorstechende Streifung auszeichnen und die daher nur bei ausgezeichneten Exemplaren gemessen werden können.

Aufser der angegebenen Combination findet man noch eine etwas einfachere, die in Fig. 10 Taf. I dargestellt ist, nämlich:

$$\bar{P}\infty,\ \breve{P}\infty,\ \infty P,\ \infty\breve{P}\infty$$

[0 1 1] [1 0 1] [1 1 0] [1 0 0].

Um über die chemische Zusammensetzung dieses Mineralkörpers genauen Aufschlufs zu erlangen, wurden nur Bruchstücke von Krystallen mit gestreiften Prismenflächen von einer hell bleigrauen Varietät vom Spec. Gew. = 5,393 einer sehr sorgfältigen Analyse unterworfen, die folgendes Resultat ergab:

		Red. auf 100.	Atomenzahl.	
Schwefel	25,910	25,936	0,12919	
Arsen	28,556	28,585	0,06098	
Blei	44,564	44,605	0,03446	
Silber	0,424	0,449	0,00128	0,03605
Eisen	0,448	0,425	0,00031	
	99,902.	100,000.		

Zwischen den drei Gliedern dieser Analyse ist kein einfaches Zahlenverhältnifs zu ermitteln, wodurch sie sich von der von Damour mitgetheilten wesentlich unterscheidet. Sie läfst sich jedoch sehr leicht in zwei Theile zerlegen, von denen jeder für sich einem einfachen Zahlengesetze

folgt. Bezeichnen wir nämlich mit s und a die Atomengewichte des Schwefels und Arsens, mit p, p', p'' die des Bleis, Silbers und Eisens; setzen wir sodann mit Rücksicht auf die isomorphe Substitution der drei letztgenannten Körper $\lambda + \mu + \nu = \varkappa$, wo in unserem Falle $\lambda = 0{,}03446$, $\mu = 0{,}00031$, $\nu = 0{,}00128$ und $\varkappa = 0{,}03605$ wird, so gelangt man zu den nachfolgenden Gleichungen:

$$
\begin{array}{lll}
\text{Für Schwefel} & 4sx + 5sy & = 25{,}935 \\
\text{» Arsen} & 2ax + 2ay & = 28{,}584 \\
\text{» Blei} & \frac{\lambda}{\varkappa}px + 2\frac{\lambda}{\varkappa}py & = 44{,}608 \\
\text{» Silber} & \frac{\mu}{\varkappa}p'x + 2\frac{\mu}{\varkappa}p'y & = 0{,}424 \\
\text{» Eisen} & \frac{\nu}{\varkappa}p''x + 2\frac{\nu}{\varkappa}p''y & = 0{,}449.
\end{array}
$$

Bestimmt man aus diesen Gleichungen x und y nach der Methode der kleinsten Quadrate, so ergeben sich die verbesserten Elemente:

$$x = 0{,}025221, \quad y = 0{,}005429.$$

Mit denselben findet man zwischen Rechnung und Beobachtung folgende Uebereinstimmung:

	$\overset{,}{Pb}\overset{,,,}{As}$	+	$\overset{,}{Pb}{}^2\overset{,,,}{As}$.	=	Berech.	Beob.	
Schwefel	20,253	+	5,449	=	25,702	25,702	+ 0,233
Arsen	23,645	+	5,090	=	28,735	28,735	— 0,151
Blei	31,212	+	13,437	=	44,649	44,649	— 0,041
Silber	0,293	+	0,126	=	0,419	0,419	+ 0,005
Eisen	0,314	+	0,135	=	0,449	0,449	— 0,050
	75,717	+	24,237	=	99,954	100,000.	

Die beiden Gruppen $\overset{,}{Pb}\overset{,,,}{As}$ und $\overset{,}{Pb}{}^2\overset{,,,}{As}$, im Verhältnifs von 3,124 : 1 gemischt, stellen die angeführte Analyse in überraschender Weise dar, während keine der beiden Formeln einzeln der Analyse Genüge zu leisten vermag. Beide partielle Zusammensetzungen auf 100 reducirt, geben folgende Zahlen:



	I. $\overset{\prime}{Pb}\overset{\prime\prime\prime}{As}$.	II. $\overset{\prime}{Pb}{}^2\overset{\prime\prime\prime}{As}$.	II. Beob. v. Damour.
Schwefel	26,749	22,482	22,393
Arsen	31,228	21,001	20,778
Blei	41,222	55,441	55,999
Silber	0,387	0,519	0,190
Eisen	0,414	0,557	0,380
	100,000	100,000	Kupfer 0,260
			100,000.

Das erste Mineral, welches allerdings bis jetzt nicht vollkommen rein vorkommt, aber bei sorgfältigerem Nachsuchen noch gefunden werden wird, ist dem Zinkenit analog, und enthält nur Arsen statt Antimon. Wir belegen dasselbe mit dem Namen *Arsenomelan*.

Das zweite ist das von Damour analysirte, dem Federerz analoge Mineral, welches wir seiner aufserordentlichen Sprödigkeit halber mit dem Namen Skleroklas bezeichnet haben. Der Name Dufrenoysit bezieht sich jetzt nicht mehr auf diese Analyse, seitdem die Zusammensetzung

$$\overset{\prime}{Cu}\overset{\prime\prime}{As} + \overset{\prime}{Cu}$$

nachgewiesen worden ist.

Die an und für sich unwahrscheinliche Annahme, dafs der isometrische Dufrenoysit eine mit dem Federerz übereinstimmende Formel bei ganz verschiedener äufseren Gestalt habe, wird durch die nachfolgenden Bemerkungen weiter aufgeklärt werden.

Das Federerz $\overset{\prime}{Pb}{}^2\overset{\prime\prime\prime}{Sb}$ ist rücksichtlich seiner Krystallisation, so viel mir bekannt, bis jetzt noch nicht untersucht worden. Dafs die kleinen nadelförmigen Krystalle dem isometrischen Systeme nicht angehören, wird aber wohl Niemand in Zweifel ziehen. In Bezug auf die bereits mitgetheilten Untersuchungen habe ich sowohl das Federerz von Freiberg, als das von der Grube Abendröthe zu Andreasberg so weit wie thunlich einer genaueren Prüfung unterworfen, und habe dabei folgende Beobachtungen gemacht:

Die Federerze beider Localitäten stimmen in ihrer Form sehr nah unter sich und mit dem Skleroklas des Binnenthals überein. Das Federerz von Andreasberg zeigt unter einem Mikroskop bei sehr schwacher Vergröfserung auch schon unter günstigen Umständen dem unbewaffneten Auge die Fig. 8 Taf. I. Der Neigungswinkel der längeren Polkanten an der Spitze beträgt approximativ 165° 40′. Die verticalen Prismen, besonders bei dem Freiberger Federerz, sind sehr stark gestreift, öfter sogar tief gefurcht und lassen sich kaum von dem von mir untersuchten Skleroklaskrystallen des Binnenthals unterscheiden. Demnächst hoffe ich Krystalle von Federerz zu erhalten, grofs genug, um sie mit dem Reflexionsgoniometer messen zu können. Eine Vergleichung der Parameter von Skleroklas und Federerz wird dann ohne Zweifel die nahe Verwandtschaft beider Mineralkörper und die isomorphe Substitution von Arsen durch Antimon noch bestimmter an den Tag legen, als es bis jetzt nachzuweisen möglich ist. Die Formen von Skleroklas und Arsenomelan, die nach den gegenwärtigen Erfahrungen sich in allen Verhältnissen mit einander mischen, haben sich in ihren Extremen noch nicht durch äufsere Kennzeichen von einander unterscheiden lassen, jedoch werden wir durch weitere Nachforschungen, sowohl in chemischer als in krystallographischer Hinsicht, die nöthigen Data zu einer vollständigen Charakteristik dieser Mineralkörper demnächst zu ergänzen im Stande seyn.

Wir lassen ferner noch zwei andere Analysen folgen, welche über den Zusammenhang von Skleroklas und von Arsenomelan weiteren Aufschlufs geben:

Diese Analysen bezeichnen wir mit II und III.

Die Analyse II giebt folgendes Resultat:

		Spec. Gew. = 5,405.	16°,25 C.	
Schwefel	24,658	24,926	0,12416	
Arsen	25,740	26,021	0,05551	
Blei	47,586	48,105	0,037158	0,037858
Silber	0,938	0,948	0,000700	
	98,922.	100,000.		

Auf das Exemplar, von dem das Material zu dieser Analyse genommen ist, beziehen sich die krystallographischen Untersuchungen von Fig. 9 Taf. I.

III.

	Spec. Gew. = 5,469.		16°.5 C.	
Schwefel	23,949	23,785	0,118480	
Arsen	26,458	26,275	0,056060	
Blei	49,657	49,316	0,038095	0,038095
Silber	0,629	0,624	0,000463	
	100,693.	100,000.		

Aus beiden Analysen sind keine einfachen stöchiometrischen Formeln abzuleiten. Zerlegt man dieselben wie bei I in zwei Theile in $\overset{\prime}{Pb}\overset{\prime\prime\prime}{As}$ und $\overset{\prime}{Pb}{}^2\overset{\prime\prime\prime}{As}$, so wird durch eine bestimmte Mischung derselben den Beobachtungen Genüge geleistet.

Man findet für II

$$x = 0{,}01818,\ y = 0{,}00987.$$

Mit Hülfe dieser Zahlen berechnet man die beiden Theile folgendermafsen:

	$\overset{\prime}{Pb}\overset{\prime\prime\prime}{As}$	+	$\overset{\prime}{Pb}{}^2\overset{\prime\prime\prime}{As}$.		Berech.	Beob.		Beob. − Ber.
Schwefel	14,599	+	9,907	=	24,506	24,926	+	0,420
Arsen	17,044	+	9,253	=	26,297	26,021	−	0,276
Blei	23,100	+	25,081	=	48,181	48,105	−	0,076
Silber	0,455	+	0,494	=	0,949	0,948	−	0,001
	55,198	+	44,735	=	99,933	100,000.		

Für III berechnet man in derselben Weise:

$$x = 0{,}01677,\ y = 0{,}01086.$$

Schwefel	13,466	+	10,876	=	24,342	23,785	−	0,558
Arsen	15,722	+	10,181	=	25,903	26,275	+	0,375
Blei	21,449	+	27,781	=	49,230	49,316	+	0,086
Silber	0,272	+	0,352	=	0,624	0,624	+	0,000
	50,909	+	49,190	=	100,099	100,000.		

Beide Analysen II und III lassen sich durch einfache stöchiometrische Formeln nicht darstellen, während sie aus zwei Gruppen $\overset{\prime}{Pb}\overset{\prime\prime\prime}{As}$ und $\overset{\prime}{Pb}{}^2\overset{\prime\prime\prime}{As}$ in den Verhältnissen von

1 : 1,234 und 1 : 0,966 zusammengesetzt den Beobachtungen in befriedigender Weise Genüge leisten.

Es wurde endlich noch durch Hrn. Uhrlaub eine andere Analyse dieses Grauerzes vorgenommen, bei der zwar die Schwefelbestimmung verunglückte, die aber sonst mit der von Damour angeführten Analyse des Skleroklas übereinstimmt.

Diese verschiedenen Verbindungen von Schwefel mit Blei und Arsen, die einerseits durch $\overset{'}{Pb}\overset{'''}{As}$, andererseits durch $\overset{'}{Pb}{}^2\overset{'''}{As}$ begränzt sind, bilden bei continuirlichem Uebergang ihrer chemischen Constitution eine Reihe von Gliedern, denen nahezu dieselbe trimetrische Krystallgestalt angehört. Es ist dieses ein neuer Beweis für den von mir bereits bei den Feldspathen und mehreren Zeolithen beobachteten Gruppen-Isomorphismus, durch dessen Annahme es allein möglich wird, zwischen Rechnung und Beobachtung eine befriedigende Uebereinstimmung da herbei zu führen, wo uns alle anderen stöchiometrischen Vorschriften gänzlich im Stich lassen, oder höchstens nur eine dürftige Annäherung an die Theorie gestatten.

Dafs dieser Gruppen-Isomorphismus bei einer sorgsamen Discussion vorhandener Analysen sich auch in gröfserem Umfange bestätigen wird, ist mir mehr als wahrscheinlich. Ein vereinzeltes Beispiel zeigt das von Wöhler analysirte und von Hausmann krystallographisch beschriebene Schilfglaserz. Siehe Pogg. Ann. Bd. XXXVI, S. 157. Wir finden daselbst drei verschiedene Analysen, die mit Anwendung der vorhin genannten Atomengewichte, neu berechnet, folgende Zahlen geben:

	I.	II.	III.	Mittel.	Red. auf 100.
Silber	23,795	21,941	22,850	22,862	22.672
Blei	30,215	30,511	31,740	30,822	30,566
Kupfer	1,217			1,217	1,207
Eisen	0,111			0,111	0,110
Antimon	27,053			27,053	26,830
Schwefel	18,710	18,832		18,771	18,615
				100,836.	100,000.

Man hat mehrfach versucht für diese Analyse eine passende stöchiometrische Formel aufzufinden, allein keine derselben ist im Stande den beobachteten Zahlenwerthen in gehöriger Weise zu entsprechen.

Für das Schilfglaserz, das man ohne Zweifel für einen durchaus homogenen Körper halten mufs, sind folgende stöchiometrische Formeln dargestellt:

1) Nach Wöhler $(\overset{\prime}{Ag}^3 \overset{\prime\prime\prime}{Sb} + 2\overset{\prime}{Pb}^3 \overset{\prime\prime\prime}{Sb}) + (\overset{\prime}{Ag}^2 \overset{\prime\prime\prime}{Sb} + \overset{\prime}{Pb} \overset{\prime\prime\prime}{Sb})$

2) Nach G. Rose $(\overset{\prime}{Pb}, \overset{\prime}{Ag})^3 \overset{\prime\prime\prime}{Sb}$

3) [1]) Nach Naumann $\overset{\prime}{Ag}^2 \overset{\prime\prime\prime}{Sb} + \overset{\prime}{Pb}^3 \overset{\prime\prime\prime}{Sb}$.

Berechnet man die Analyse nach diesen drei Formeln, so ergeben sich folgende Zahlen:

	Beob.	Berech. n. 1.		Berech. n. 2.		Berech. n. 3.	
Silber	22,672	21,882	— 0,790	23,730	+ 1,058	22,228	— 0,444
Blei	30,566	20,433	— 1,133	31,919	+ 1,353	29,898	— 0,668
Kupfer	1,207	1,165	— 0,042	1,263	+ 0,056	1,183	— 0,024
Eisen	0,110	0,106	— 0,004	0,115	+ 0,004	0,107	— 0,003
Antimon	26,830	28,355	+ 1,525	24,601	— 2,229	27,653	+ 0,823
Schwefel	18,615	19,059	+ 0,444	18,372	— 0,243	18,931	+ 0,316
	100,000.	100,000.		100,000.		100,000.	

Alle diese Formeln geben nur eine unvollkommene Uebereinstimmung mit einer in sich guten und zuverlässigen Beobachtung, die durch jene auf eine ungerechte Weise beurtheilt wird. Zerlegt man dagegen das Mineral in zwei Gruppen, in $\overset{\prime}{R}^2 \overset{\prime\prime\prime}{Sb}$ und $\overset{\prime}{R}^3 \overset{\prime\prime\prime}{Sb}$, die sich im Verhältnifs von $30,931 : 69,092 = 1 : 2,2338$ isomorph mit einander mischen,

1) Die unter 3 angegebene Formel, welche ich kürzlich in Naumann's Mineralogie bemerkt habe, nachdem ich dieselbe auch für mich aufgestellt hatte, ist die einzige, die den Beobachtungen einigermafsen genügt. Schon nach vollendeter Arbeit hat mich auch Hr. Hofrath Wöhler auf die von Berzelius aufgestellte Formel aufmerksam gemacht, nach der das Schilfglaserz aus den Verbindungen:

$$2\overset{\prime}{Pb}\overset{\prime\prime\prime}{Sb} + Pb,$$

$$2\overset{\prime}{Pb}\overset{\prime\prime\prime}{Sb} + 3Pb,$$

$$2\overset{\prime}{Ag}\overset{\prime\prime\prime}{Sb} + 3Ag$$

zusammengesetzt seyn soll. Dafs durch diese Formeln die Analyse ebenfalls nur unvollständig dargestellt wird, liegt auf der Hand.

so geht die Analyse des Schilfglaserzes von **Wöhler** fast genau hervor.

Man bestimmt wie vorhin nach der Methode der kleinsten Quadrate aus der Analyse die Zahlen:

$$x = 0{,}0060541\,,\quad y = 0{,}010544.$$

Hiermit berechnet man die Zusammensetzung der beiden Theile und die der ganzen Verbindung:

	$\acute{R}^2\overset{'''}{Sb}$	+	$\acute{R}^3\overset{'''}{Sb}.$		Berech.	Beob.	Beob. — Ber.
Silber	6,279	+	16,404	=	22,683	22,672	— 0,011
Blei	8,446	+	22,064	=	30,510	30,566	+ 0,055
Kupfer	0,334	+	0,815	=	1,149	1,207	+ 0,058
Eisen	0,030	+	0,074	=	0,104	0,110	+ 0,006
Antimon	9,765	+	17,006	=	26,771	26,830	+ 0,059
Schwefel	6,077	+	12,729	=	18,806	18,615	— 0,191
	30,931	+	69,092	=	100,023.	100,000.	

An die mitgetheilten Thatsachen knüpfen wir noch einige Bemerkungen über die moleculare Zusammensetzung dieser Mineralkörper.

Die Formel $\acute{R}^n\overset{'''}{S}$ repräsentirt allgemein ein Schwefelsalz, in dem R durch mehrere isometrische Metalle, durch Silber, Blei, Kupfer, Eisen u. s. w., S durch Antimon oder Arsen in allen Verhältnissen, so weit es die Gesetze der Stöchiometrie zulassen, vertreten wird.

Der erste Theil $\acute{R}^n$ gehört zunächst als Glaserz oder Bleiglanz dem isometrischen Systeme an. Dagegen ist $\overset{'''}{S}$ als Grauspiefsglanzerz oder Auripigment trimetrisch.

Es scheint nun zunächst darauf anzukommen, in welcher Weise sich die Atome von $\acute{R}$ um $\overset{'''}{S}$ gruppiren. Es ist hier eine Anordnung nach drei auf einander rechtwinklichen und nach schiefwinklichen Axen möglich. Bei gleichen Neigungen schiefwinklicher Axen kommt das isokline oder hexagonale System zum Vorschein.

Die Erfahrung zeigt folgenden Zusammenhang zwischen Mischung und Form in der genannten Körperreihe:

		Krystallsystem.
	$n = 1.$	
$\acute{\text{Pb}}\dddot{\text{Sb}}$	Zinkenit	Trimetrisch.
$\acute{\text{Pb}}\dddot{\text{As}}$	Arsenomelan	
	$n = 2.$	
$\acute{\text{Pb}}^{2}\dddot{\text{Sb}}$	Federerz	Trimetrisch.
$\acute{\text{Pb}}^{2}\dddot{\text{As}}$	Skleroklas	
	$n = 3.$	
$\acute{\text{Pb}}^{3}\dddot{\text{Sb}}$	Boulangerit	Trimetrisch?
$\acute{\text{Ag}}^{3}\dddot{\text{Sb}}$	Dunkles Rothgülden	Hexagonal.
$\acute{\text{Ag}}^{3}\dddot{\text{As}}$	Lichtes Rothgülden	Hexagonal.
$(\acute{\text{Ag}}, \acute{\text{Pb}})^{3}\dddot{\text{Sb}}$	Hauptttheil des Schilfglaserzes	Trimetrisch.
	$n = 5.$	
$\acute{\text{Pb}}^{5}(\dddot{\text{As}}\dddot{\text{Sb}})$	Geokronit	Trimetrisch.
	$n = 6.$	
$\acute{\text{Ag}}^{6}\dddot{\text{Sb}}$	Sprödglaserz	Trimetrisch.
	$n = 9.$	
$\acute{\text{Ag}}^{9}(\dddot{\text{As}}\dddot{\text{Sb}})$	Polybasit	Hexagonal.

Die Verbindungen, in denen $n = 3\lambda$ ist, wo λ eine ganze Zahl bedeutet, scheinen in ihrer Krystallform eine doppelte Anordnung ihrer Atome, einen Dimorphismus zuzulassen.

Als Vermuthung, die jedoch einer weiteren Prüfung bedarf, möchte ich aussprechen, dafs die materiellen Punkte von n um $\dddot{\text{S}}$ in rechtwinklichen Axen angeordnet trimetrische Krystallformen geben. Gruppiren sich indefs die Punkte von n so um $\dddot{\text{S}}$ (in den Fällen wo $n = 3\lambda$ wird) in der Weise, dafs sie vom Centrum des letzteren aus Winkel von 120° bilden, so wird der hexagonale Typus hervortreten. Nach dieser Ansicht müfste es noch ein hexagonales Sprödglaserz geben, ein Mittelglied zwischen Rothgülden und Polybasit, welches bis jetzt, so viel mir bekannt, noch nicht gefunden ist.

Um die Kenntnifs der trimetrischen Reihe dieser Mineralkörper zu vervollständigen, müfste man sich zunächst der Krystallform des Boulangerits bemeistern, was ebenfalls noch nicht gelungen ist. Indefs machen unsere Rechnungen über das Schilfglaserz, so wie die strahlige Structur des Boulangerits es wahrscheinlich, dafs derselbe dem trimetrischen Systeme angehöre.

Es wird vielleicht demnächst ausführbar werden für solche einzeln dastehende Reihen von Verbindungen, wie für:

$$\overset{\prime}{Pb}\overset{\prime\prime\prime}{Sb},\ \overset{\prime}{Pb}{}^{2}\overset{\prime\prime\prime}{Sb},\ \overset{\prime}{Pb}{}^{3}\overset{\prime\prime\prime}{Sb},\ \text{u. s. w.}$$

oder für $\overset{\prime}{Pb}\overset{\prime\prime\prime}{As},\ \overset{\prime}{Pb}{}^{2}\overset{\prime\prime\prime}{As},\ \overset{\prime}{Pb}{}^{3}\overset{\prime\prime\prime}{As}$,

die Parameter und damit die Mannigfaltigkeit der verschiedenen Krystallformen der einzelnen Glieder aus der stöchiometrischen Zusammensetzung und den Krystallformen der einzelnen Gruppen $\overset{\prime}{Pb}$ und $\overset{\prime\prime\prime}{Sb}$, $\overset{\prime\prime\prime}{As}$ im Voraus durch Rechnung ableiten zu können.

Die nähere Entwicklung dieser Aufgabe behalte ich mir jedoch für eine andere Zeit vor.

2. Sauerstoffverbindungen.

Neben den eben beschriebenen Schwefelmetallen enthält dieser Dolomit noch eine Reihe anderer Mineralkörper. Von Oxyden ist, aufser dem vorhin erwähnten mikroskopischen Körnchen von Magneteisenstein, nur noch schwarzer Rutil wahrgenommen, der in kleinen sehr zierlichen glänzenden Krystallen der Combination P, ∞P, $\infty P \infty$, theils im Dolomit, theils auf andern Mineralkörpern z. B. auf Quarz aufgewachsen gefunden wird. Ganz ähnliche, doch etwas gröfsere Rutilkrystalle sind auch im Campo Longo beobachtet worden.

Von kohlensauren Salzen findet man in Verbindung mit Kalkspath, wasserhelle Zwillingskrystalle von Bitterspath und schmale Bänder von Spatheisenstein.

Dieser zuckerartige Dolomit enthält auch mehrere Silicate. Aufser kleinen Bergkrystallen, die in demselben

allgemein verbreitet sind, bemerkt man seegrünen Talk, gelben Glimmer, weifsen und spargelgrünen Turmalin. Endlich ist noch auf das Vorkommen zweier Mineralkörper aufmerksam zu machen, die für die Dolomitbildung sehr bezeichnend sind, die jedoch bisjetzt keine Beachtung gefunden haben. Der erste derselben erscheint derb und nesterweise oder in Drusen in sehr zierlichen Krystallen des trimetrischen Systems von der Form *P*, ∞ *P*; sie sind von weifsbläulicher Farbe auch mitunter wasserhell. Ihre Härte ist 3,5, ihr spec. Gew. = 3,977. Die chemische Analyse liefs sie als Baryto-Cölestin erkennen und ergab folgende Zahlen:

Schwefelsaurer Baryt	87,792
Schwefelsaurer Strontian	9,070
Kieselerde	0,685
Thonerde	2,155
	99,702.

Wenn man diesen Alpinen - Dolomit etwas aufmerksamer betrachtet: so findet man den Barytocölestin darin ziemlich allgemein verbreitet. Es unterscheidet sich schon auf den ersten Blick von Kalk- und Bitterspath durch eine verschiedene Textur und eine milchblaue Farbe.

Der zweite hier noch zu erwähnende Mineralkörper ist sehr viel eigenthümlicher und einer ausführlichen Beschreibung nicht unwerth. Seine Farbe ist weifs; ausgezeichnete Exemplare sind wasserhell. Seine Härte steht zwischen Feldspath und Quarz. Die specifischen Gewichtsbestimmungen gaben folgende Resultate:

1.	2,832	18°,0 C.
2.	2,771	17 ,5
3.	2,811	17 ,5
	2,805.	17°,6 C.

Das spec. Gew. von 1. bezieht sich auf Stücke eines trüben weifsen Krystalls. Zu 2. und 3. wurden wasserhelle Bruchstücke eines Krystalls verwandt, die nachher zur quantitativen Analyse gedient haben.

Die Krystalle dieses Minerals, die einzeln oder zu zweien und dreien verwachsen im Dolomit liegen oder in seinen Höhlungen zum Auskrystallisiren gelangt sind, haben eine deutliche monokline Gestalt und gleichen dem Adular in hohem Grade. Die gewöhnlichsten Combinationen erblickt man in Fig. 11 und 12 Taf. I.

Die Winkelmessungen mit einem ausgezeichneten Reflexionsgoniometer gaben im Mittel folgende Werthe:

					Zahl der Messungen.	
$a : a'$	=	130°	55'	31"	(5)	
$a : b$	=	112	0	9	(3)	Mit Fernrohr
$d : b'$	=	111	51	53	(3)	Mit Fernrohr
$b : d$	=	120	39	20	(2)	
$b'' : d$	=	120	33	30	(2)	

Nimmt man wenigstens vorläufig aus den beiden Winkeln $a : b$ und $d : b'$ das Mittel, so findet man 111° 56'. Aus demselben und dem Winkel $a : a' = 130° \ 55' \ 31''$ berechnet man folgende Parameter des Krystalls:

$$a : b : c = 1 : 0{,}65765 : 0{,}54116.$$

Ferner ergiebt sich die Neigung der Axen z gegen y (in der Ebene von b, c) $\gamma = 64° \ 16' \ 8''$.

Die beiden in den obigen Abbildungen mitgetheilten Combinationen sind:

Fig. 11. $0P$ ∞P $P\infty$
(0 0 1) (1 1 0) (0 1 1)

Fig. 12. $0P$ ∞P $P\infty$ $\infty P\infty$
(0 0 1) (1 1 0) (0 1 1) (1 1 0).

Es sind auch bereits mehrere andere Gestalten, namentlich eine Hemipyramide und einige Prismen beobachtet worden, deren Abmessungen jedoch noch nicht ermittelt werden konnten, und sich vielleicht noch gelegentlich ergänzen lassen. Die eben beschriebenen Krystalle sind parallel (0 1 1) vollkommen spaltbar, auch wie es scheint in der Richtung von (1 0 0). Die Fläche (1 1 0) ist meist parallel den Combinationskanten von (1 0 0) gestreift; hin und wieder zeigt sich auch Streifung auf der Fläche (0 1 1)

parallel den Combinationskanten von (0 0 1), ähnlich dem Adular.

Das Mineral wird von concentrirter Säure kaum angegriffen, enthält nur Spuren flüchtiger Körper (Wasser?) und zeigt folgende sehr eigenthümliche Zusammensetzung:

	I.	II.	Mittel.
Kieselerde	24,098	24,152	24,127
Thonerde	49,549	50,308	49,929
Kalk		1,570	1,570
Magnesia		0,420	0,420
Natron		5,742	5,742
Baryt und (Strontian?)	13,613	15,196	14,403
Schwefelsäure	2,280	3,124	2,702
Wasser	0,650		0,650
			99,543.

Die Analyse wasserfrei auf 100 reducirt und nach der Formel $5\,\ddot{S}i\,\ddot{A}l^3 + 3\,\ddot{S}i\,\dot{R}^2 + \ddot{S}\,\dot{B}a$ verglichen, giebt folgende Zusammenstellung:

	Beob.	Berechn.	Beob. — Ber.
Kieselerde	24,397	24,027	+ 0,370
Thonerde	50,486	50,522	— 0,036
Kalk	1,588	1,574	+ 0,014
Magnesia	0,425	0,419	+ 0,006
Natron	5,807	5,747	+ 0,060
Baryt	14,565	15,083	— 0,518
Schwefelsäure	2,732	2,628	+ 0,114.

Dieses neue Mineral, welches neben verschiedenen Basen, ähnlich dem Datolith, zwei Säuren enthält, habe ich mit dem Namen *Hyalophan* bezeichnet. In der nächsten Zeit hoffe ich mit Hülfe von neuem Material, welches ich auf meiner letzten Reise in der Schweiz gesammelt habe, eine Controle der angeführten Analysen erhalten zu können.

Wir schliefsen diesen Beitrag zur näheren Kenntnifs des Alpinen Dolomits mit einigen allgemeinen Betrachtungen über die Bildungsweise dieser so eigenthümlichen Gebirgsart. Schon Haidinger und Forchhammer haben

dieselbe durch Vorgänge auf dem nassen Wege zu erklären gesucht, indem sie dabei die Gegenwart von schwefelsaurer Magnesia im Meerwasser oder von Bittersalzquellen für erforderlich halten. Es scheint daher auch kein wesentliches Hindernifs vorhanden zu seyn, für den zuckerartigen Alpinen-Dolomit eine ähnliche Entstehung anzunehmen.

Haidinger hat zuerst die Vermuthung ausgesprochen, dafs der Dolomit ein Zersetzungsproduct von kohlensaurem Kalk und schwefelsaurer Magnesia mit einer Nebenbildung von Gyps sey. Bei gewöhnlichen Umständen, wie sie leicht eingeleitet werden können, findet indefs die umgekehrte Bildungsweise statt, indem eine Gypslösung durch feingepülverten Dolomit filtrirt eine Bittersalzlösung erzeugt. Unter höherem Druck und bei höherer Temperatur, wird jedoch, wie dieses durch einen directen Versuch durch v. Morlot[1]) nachgewiesen ist, aus zwei Atomen Kalkspath und einem Atom Bittersalz, ein Atom Dolomit ($\ddot{C}\,\dot{C}a + \ddot{C}\,\dot{M}g$) und ein Atom Gyps gebildet.

Wie interessant und lehrreich dieser Versuch für die Gesteinsbildung ist, so kann es defsungeachtet wohl kaum bezweifelt werden, dafs die Dolomitbildung im Grofsen in den Schichten der Alpen unter etwas modificirten Verhältnissen vor sich gegangen seyn mufs.

Mit Berücksichtigung der Haidinger'schen Theorie denken wir uns die Entstehung des Dolomits etwa in folgender Weise: Sie fällt in eine Zeit, in welcher die Centralkette der Alpen entweder gar noch nicht existirte oder in der sie eine von der gegenwärtigen durchaus verschiedene Gestalt besessen haben mufs, in der die jetzt vollkommen vertical stehenden Schichten des Dolomits und des auf beiden Seiten angränzenden Schiefers in horizontaler Lage ausgebreitet noch unter dem Meere gelegen haben. Nach organischen Ueberresten, die über das Alter

1) Naturwissenschaftliche Abhandlungen, herausgegeben von W. Haidinger, Bd. I, S. 305. (Ann. Bd. 74, S. 591).



dieser Formation einigen Aufschlufs geben würden, habe ich ganz vergeblich gesucht; nicht die geringste Spur derselben ist bisjetzt bemerkt worden. In der Fortsetzung des Schiefergebirges gegen Osten hin, trifft man, so viel mir bekannt, zuerst auf dem Noffene-Pafs jene merkwürdigen Belemniten in Berührung mit Granatkrystallen, welche in neuerer Zeit in so hohem Grade die Aufmerksamkeit der Geologen auf sich gezogen haben. Es wird aus diesem Vorkommen wahrscheinlich, dafs ein grofser Theil jener umgewandelten Schiefer, in so weit sie Belemniten führen, der Liasformation angehöre, und dafs in oder vielleicht noch unter derselben der Dolomit des Binnenthales abgelagert sey.

Aus dem gänzlichen Mangel aller Organismen darf man ferner schliefsen, dafs während der Dolomitbildung Ursachen, zu denen wir vornehmlich höhere Temperatur und kräftige Gasausströmungen rechnen, vorhanden waren, die auf die Entwicklung jener störend einwirken mufsten. Vornehmlich scheint es die Kohlensäure gewesen zu seyn, welche verschiedene kohlensaure Salze, Kalk, Baryt, Strontian und Eisenoxydul im warmen Wasser unter höherem Druck in Lösung erhielt. Durch das Hinzutreten schwefelsaurer Magnesia konnte alsdann die Bildung des Dolomits und neben ihr die des Gypses und des Barytocölestins vor sich gehen. Bei der ohne Zweifel sehr langsam von statten gehenden Ausscheidung des Dolomits ist es wohl denkbar, dafs unter gewissen Umständen der leicht lösliche Gyps vom Wasser mit fortgeführt, während der schwer lösliche Barytocölestin, eine dem Gyps aequivalente Bildung, zurückgeblieben und in den Höhlungen des Gesteins zum Auskrystallisiren gelangt ist.

Ob ein solcher gegenseitiger Zersetzungsprocefs kohlensaurer und schwefelsaurer Salze unter allen Umständen erforderlich ist, mufs wohl für erst noch dahin gestellt bleiben. Dafs in der ursprünglichen Flüssigkeit neben dem in überschüssiger Kohlensäure gelösten doppelt kohlensauren Kalk, neben kohlensaurem Baryt und Eisenoxydul auch

Magnesia gelöst gewesen sey, und dafs alsdann beim Ausscheiden der Kohlensäure Dolomit ohne die Nebenbildung von Gyps entstehen konnte, ist durchaus nicht unwahrscheinlich.

Die Dolomitbildung von diesem Gesichtspunkte betrachtet, ist dann nicht wesentlich verschieden von der Bildung aller Kalksteine, und es ist kein Grund vorhanden, dieselbe in die Reihe metamorphischer Gesteine zu rechnen oder ein bereits vorher dagewesenes Kalksteinlager anzunehmen, welches durch hinzutretende Bittererde sich in Dolomit umgewandelt habe.

Die Dolomitformation bei ihrer grofsen Ausdehnung durch das Alpengebirge macht durchaus nicht den Eindruck einer Localbildung, sondern sie erscheint als ein wesentliches und nothwendiges Glied jener grofsartigen Gebirgskette. Wir müssen daher auch annehmen, dafs der Dolomit, vielleicht durch Quellensysteme in seiner Bildung gefördert, so wie die übrigen geschichteten Kalksteine, Schiefer u. s. w. als ein unterseeisches Product zu betrachten sey, welches anfangs vollkommen horizontal abgelagert und erst später mit der Erhebung des ganzen Gebirges vertical aufgerichtet worden ist.

Der gänzliche Mangel aller organischen Ueberreste dürfte, wie wir schon vorhin bemerkt haben, darin zu suchen seyn, dafs der Dolomit sich im warmen, vielleicht im heifsen Wasser ausgeschieden hat, und dafs ferner, auch abgesehen von manchen Gasen, namentlich von Kohlensäure, das Emporsteigen metallischer Stoffe, namentlich der Arsenik- und Bleiverbindungen, auf das thierische Leben nachtheilige Einflüsse ausüben mufste.

In Bezug auf die eben erwähnte Bildung des Barytocölestins auf nassem Wege, glaube ich hier noch gelegentlich auf die Bildung des schwefelsauren Baryts, die in ganz ähnlicher Weise auf unsern Harzer Erzgängen bis in die neueste Zeit fortgedauert hat, aufmerksam machen zu müssen. Es hat hier jedoch ohne Zweifel der normale Bildungsweg stattgefunden, indem Lösungen von kohlen-



saurem Baryt und Gyps, Schwerspath und Kalkspath erzeugt haben. Als Beweis, dafs die Schwerspathbildung auf nassem Wege vermuthlich in der angegebenen Art im Iberge bei Grund im Harz noch bis zum heutigen Tage fortdauert, dient ein merkwürdiges Exemplar aus unserer Sammlung, welches mehrere nebeneinander liegende Schwerspathstalactiten zeigt, die nach Aufsen mit Krystallen besetzt sind und im Innern Holz enthalten, welches wahrscheinlich von einem alten Grubenbaue herrührt.

Nachdem sich die Dolomitformation zum gröfsern Theile abgelagert hatte, nahm die Bildung der Gänge mit den Schwefelmetallen, den verschiedenen vorhin beschriebenen Silicaten und Sulfaten ihren Anfang. Sie ist wie die Bildung des Dolomits selbst ebenfalls auf nassem Wege vor sich gegangen.

Nach meiner Ansicht sind die Metalle im ersten Stadium ihrer Entwickelung vornehmlich als Chlorverbindungen durch Sublimation aus den Tiefen der Erde hervorgedrungen, die im warmen Wasser gelöst und in Berührung mit Schwefelwasserstoff und Schwefelalkalien zumal mit $\dot{C}a$ und CaS^5 in die verschiedenen Schwefelmetalle umgebildet sind. Näher auf diesen Gegenstand einzugehen wird einer andern Gelegenheit vorbehalten bleiben.

Nach der vollendeten Erzbildung, die zuerst mit der Ausscheidung des Schwefelkieses angefangen hat, beginnt die Krystallisation des Quarzes, der Silicate und namentlich des Hyalophans, welche Rutil und Schwefelmetalle öfter sehr deutlich umschliefsen.

Auf Campo Longo ist die Aussonderung von Diaspor und Corund neben dem Turmalin aus der Dolomitmasse nicht aufser Acht zu lassen. Wir werden hier unwillkürlich zu der Annahme gedrängt, dafs die ebengenannten Mineralkörper, welche gangartig im Alpinen-Dolomit auftreten, alle, oder doch zum gröfseren Theile auf nassem Wege entstanden sind, wodurch, wenn man consequent weiter geht, dem Neptunismus Thür und Thor er-

öffnet wird. Indefs ist es auch nicht zu bezweifeln, dafs viele Mineralkörper bald auf nassem, bald auf trockenem Wege entstehen können und es ist eine Hauptaufgabe der gegenwärtigen Geologie durch Anwendung sorgfältiger Kritik zu ermessen, welcher von beiden Wegen in den einzelnen Fällen von der Natur eingehalten worden sey.

VIII. *Optische Untersuchungen;* *von A. J. Ångström.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus dem *Vetensk. Acad. Handlingar.* — Der Stockholmer Akademie eingereicht am 16. Febr. 1853.)

---

1. Die Dispersion, Absorption und Diffusion des Lichts sind Erscheinungen, deren vollständige Lösung, kann man annehmen, die Theorie noch lange nicht besitzen wird. So ist die Erklärung der Dispersion des Lichts, welche Cauchy nach den schon von Fresnel gegebenen Andeutungen aufgestellt hat, dafs die Attractionssphäre der Molecule ihrer Gröfse nach vergleichbar sey mit der Wellenlänge, noch nicht bei doppeltbrechenden Mitteln durchgeführt, und so weit auch die Cauchy'sche Theorie für isophane Körper gilt, bedarf sie der Vervollständigung, weil die eigene Wirkung des Mediums nicht in Betracht gezogen worden ist. Was ferner die Absorptions-Erscheinungen betrifft, so leidet man freilich nicht an Mangel von Erklärungen, aber die Schwierigkeit ist: sie in jedem besonderen Fall anzuwenden, und, da mehre Ursachen zusammenwirken, einer jeden den ihr gebührenden Antheil an den zu erklärenden Erscheinungen zuzuweisen. Die Gründe, welche besonders bei Erklärung der Absorption und Diffusion des Lichts in Anspruch genommen worden, sind folgende:

a) Eine unsymmetrische Vertheilung der Molecule des Mediums, welche zur Folge hat, dafs in den Differential-

gleichungen für die Bewegung Differential-Coëfficienten von ungeradem Grade eingeführt werden. So viel ich weiſs, wurde diese Ursache zuerst von Cauchy angedeutet, in einem Briefe an Libri.

b) Das von Euler in seiner *Theoria lucis et caloris* angeführte Princip, nach welchem die Farbe eines Körpers entsteht durch Resonanz der Oscillationsbewegungen, welche die Theilchen selbst annehmen können [1]).

c) Die Interferenz des Lichts. Auf dieses Princip gründete, wie bekannt, Newton seine berühmte Farbentheorie. welche von Biot im Geiste der Emanationstheorie weiter ausgebildet wurde. Nach den Grundsätzen der Undulationstheorie wurde es zuerst vom Freiherrn Wrede angewandt [2]), indem er zeigte, daſs die Erscheinungen bei der Absorption der Gase u. s. w. mit Leichtigkeit auf die Interferenz des Lichtes zurückgeführt werden können.

Was nun den ersten der drei Erklärungsgründe betrifft, so ist er allein keinesweges hinreichend, um die Farbenerscheinungen der Körper zu erklären. Daſs im Allgemeinen die Undurchsichtigkeit der Körper dadurch entstehen könne, sieht man leicht ein, aber nicht, weshalb sie eine gewisse Farbe mit Ausschluſs aller übrigen treffen müsse.

Das Euler'sche Princip ferner erklärt nicht so sehr die Farbe, *welche ein Körper wirklich zeigt*, als fast mehr die Farbe, *welche er nicht annehmen kann*, weil die meisten Oscillationsbewegungen, welche der Körper in Folge der Absorption annimmt, keinen Eindruck auf unser Gesichtsorgan machen, sondern gewöhnlich in den Bereich des Gefühls fallen.

1) *Quemadmodum corda tensa a sono ei, quem ea edit, aequali vel consono concitatur, ita particulae illae minimae in superficie corporis opaci sitae, a radiis ejusdem vel similis indolis, contremiscere, pulsusque undique diffundendos producere valebunt; etiamsi enim non eadem pulsuum frequentia in radiis insit, tamen dummodo fuerit duplo, triplore major vel minor, tremorem etsi debiliorem inducet.*

2) *Vetenskaps-Akademiens Handlingar*, 1834 (Ann. Bd. 33, S. 353).

Soll also eine Körperfarbe durch Resonanz erklärt werden, mufs man auch dem Aether eine solche Eigenschaft beilegen, und damit kommen wir dann leicht auf das dritte der aufgestellten Principien, nämlich die Interferenz.

2. Hat man beim Licht die Absorption genau von der Diffusion zu unterscheiden. Beide laufen zwar darauf hinaus, die Intensität der durchgehenden Strahlen zu schwächen; allein sie unterscheiden sich wesentlich darin, dafs das diffuse Licht dieselben Eigenschaften besitzt wie das einfallende, das absorbirte aber unter anderen Formen auftritt, als Wärme oder chemisches Agens; oder mit anderen Worten: dafs im ersteren die Schwingungszeit unverändert geblieben ist, im letzteren aber nicht. Diefs ist ein wesentlicher Unterschied, welcher aber bei optischen Untersuchungen nicht immer beachtet worden ist, obwohl diefs Melloni schon seit langer Zeit bei der Wärme bewiesen hat. Dafs das diffuse Licht dieselben Eigenschaften wie das einfallende besitzt, geht am besten daraus hervor, dafs die Fraunhofer'schen Linien des Sonnenspectrums sich auch im Planetenlicht zeigen, so wie bei allen von der Sonne beleuchteten Körpern; diefs wird nicht widerlegt durch Stokes's neuste Untersuchungen, in denen er zu beweisen sucht, dafs bei dem absorbirten Licht die Schwingungszeit verändert ist, weil die dort angeführten Thatsachen zu der letzteren Klasse gehören.

Das *diffuse* Licht mufs also, dem Vorhergehenden gemäfs, seinen Grund in Modificationen der eigenen Wellenbewegung des Aethers haben, während das *absorbirte* zu den eigenen Moleculen des Körpers übergeht, welche dadurch aus ihrer Gleichgewichtslage gerückt und in Schwingungen versetzt werden, die nach der eigenthümlichen Beschaffenheit des Körpers verschieden sind. Dabei ist jedoch wohl zu merken, dafs ein Medium nicht blofs die Schwingungsbewegungen absorbirt, welche es am leichtesten annimmt, sondern auch die, welche zu ihm in einem einfachen Verhältnifs stehen, wie Octave, Terz u. s. w. Da

1) Pogg. Ann. Bd. 87, S. 480.

im Allgemeinen die Körper nicht leuchtend sind, folgt auch daraus, dafs das absorbirte Licht der Auffassung des Auges entgehen mufs.

Dafs diefs jedoch nicht immer der Fall ist, beweist Brewster's *merkwürdige Entdecknng* an den alkoholischen Lösungen der grünen Blattfarbe. Leitet man nämlich einen Lichtstrahl durch eine solche Lösung, so zeigt sich auf dem Wege dieses Strahls durch die Flüssigkeit ein nicht-polarisirtes Licht von blutrother Farbe. Diese Erscheinung, die Brewster mit dem Namen der *inneren Dispersion* bezeichnet, liefert einen deutlichen Beweis davon, *dafs das absorbirte Licht nicht immer zu Oscillationsreihen niederer Ordnung übergeht.* Herschel's sogenannte epipolisirte Strahlen-Arten gehören in sofern zu dem gewöhnlichen Fall, bei dem das absorbirte Licht als Wärme auftritt, als es absorbirte chemische Strahlen sind, welche nach Stokes die von Herschel entdeckten Licht-Erscheinungen zu Stande bringen.

3. Da nun ein Körper nach dem Euler'schen Grundsatz zuvörderst alle die Oscillationsreihen absorbirt, welche er selbst annehmen kann, so folgt auch daraus, dafs derselbe im glühenden Zustand gerade alle die Lichtarten aussenden mufs, welche er in gewöhnlicher Temperatur absorbirt. Die Prüfung der Richtigkeit dieses Satzes ist indefs grofsen Schwierigkeiten unterworfen, weil ein ins Glühen versetzter Körper unter ganz anderen Elasticitätsverhältnissen auftritt, als unter welchen sein Absorptionsvermögen geprüft wurde. Einen indirecten Beweis von der Richtigkeit des Satzes liefert indefs der von H. Niepce de Saint-Victor [1]) entdeckte Zusammenhang zwischen der Farbe, welche ein Körper der Alkoholflamme ertheilt, und der, welche das Licht entwickelt auf einer Silberscheibe, die mit dem in Rede stehenden Körper chlorirt worden. Da nämlich die Silberscheibe, mit Chlor allein behandelt, alle Farbennüancen des Sonnenspectrums annimmt, mit einem

1) Pogg. Ann. Ergänzbd. III, S. 442.

nem färbenden Körper zugleich behandelt, aber fast ausschliefslich die Farbe des Körpers zeigt, so kann diefs nicht anders geschehen, als dafs die so zubereitete Silberscheibe ausschliefslich gerade die Farbe absorbirt, welche dem färbenden Körper angehört.

4. Eine der bequemsten und zugänglichsten Weisen, einen Körper im glühenden Zustande zu studiren, bietet der elektrische Funke dar, obwohl der Körper dabei wahrscheinlich im gasförmigen Zustand auftritt. Ich habe daher geglaubt, dafs eine Untersuchung der Spectra, welche der aus verschiedenen Metallen gezogene elektrische Funke giebt, nicht ohne Interesse sey für die Theorie des Lichts. Der Gegenstand ist früher schon mehrmals behandelt worden, von Wollaston, Fraunhofer, Wheatstone und zuletzt von Masson in einer Abhandlung in den *Annales de chimie et de physique*, 1851. Der letztere hat auch das elektrische Spectrum von mehreren Metallen gemessen und mittelst der *Camera clara* abgezeichnet. Nichts destoweniger wage ich zu hoffen, dafs die gegenwärtige Untersuchung nicht für überflüssig gehalten werde, wenn man die von mir erlangten Resultate mit denen meiner Vorgänger vergleicht.

Ich habe nämlich gefunden, dafs das Spectrum des elektrischen Funkens eigentlich als zwei besondere Spectra zu betrachten ist; das eine gehört der Gasart an, worin der Funken überspringt, und das andere dem Metall oder dem Körper, aus welchem der Leiter besteht.

Das elektrische Spectrum ist nämlich durchzogen:

1) Von einer ganzen Menge leuchtender Linien, vergleichbar in Anzahl und Vertheilung mit den Fraunhofer'schen des Sonnenspectrums. Diese Linien sind für alle Metalle dieselben, variiren aber an Intensität nach der Stärke des Condensators und nach der gröfseren oder geringeren Feuchtigkeit der Luft. Die Beschaffenheit des Leiters scheint auf sie keinen anderen Einflufs zu haben, als dafs dessen eigene Lichtlinien durch ihren Glanz gewisse der übrigen weniger merkbar machen.

2) Von glänzenden, jedem Metalle eigenthümlichen Linien. Diese Linien unterscheiden sich leicht von den vorhergehenden dadurch, dafs sie, wenn der Condensator nicht allzu stark und folglich die Ladung schwach ist, nicht vollständige Querlinien bilden, sondern von beiden Kanten des Prismas auszugehen scheinen und, schon ehe sie die Mitte erreichen, gleichsam erlöschen. Sie zeichnen sich nichts destoweniger von den vorhergehenden Linien durch ihr glänzenderes Licht aus, und scheinen gleichsam hervorzustehen auf dem matten Grund, auf welchem die eben genannten Linien sich mit unveränderter Intensität für jeden Punkt der Querdimension abzeichnen. Dieser ihr überwiegende Glanz, besonders bei starker Ladung, ist wohl Ursache, dafs Masson in allen von ihm abgezeichneten Spectren nicht mehr als vier Linien identisch gefunden hat.

Um die Entstehung des ersten Spectrums zu erklären, nehme ich mit Faraday und Masson an, dafs der elektrische Funke »*est produite par un courant qui se propage à travers et par la matière pondérable, et l'échauffe de la même manière et suivant les mêmes lois qu'un courant voltaique échauffe et rend lumineux un fil métallique.*« Das andere Spectrum entsteht dagegen durch Glühen und Verfliegen der eigenen Theile des Leiters, welche von beiden Polen gleichzeitig ausgehen, aber unterwegs ihre Temperatur und zugleich ihre leuchtende Eigenschaft verlieren.

Unter den constanten Linien giebt es besonders zwei schon von Fraunhofer bemerkte, welche die übrigen an Glanz übertreffen, nämlich eine Doppellinie im gelben und eine im grünen Licht; sie sind in Masson's Zeichnung und auch hier in Fig. 6 Taf. I mit γ und δ bezeichnet [1]). Möglich ist, dafs diese beiden Linien bisweilen beiden Spectris gemein sind und dadurch ihr Glanz verstärkt wird; ich wage nicht es zu verneinen. Beim Wismuth ist es wenigstens mit der Linie γ der Fall.

1) In Masson's Abbildung ist indefs die Linie δ für Antimon unrichtig bezeichnet; ebenso ist die Linie β, welche im Allgemeinen sehr schwach ist, beim Kupfer verwechselt mit der Linie, welche ich D nenne.

Um den Vergleich zwischen dem Spectrum des Sonnenlichts und dem des elektrischen Funkens anschaulicher zu machen, habe ich in Fig. 6 Taf. I beide neben einander gezeichnet. Beide Zeichnungen sind nach der Natur gemacht, und zwar so, dafs 1 Minute im Winkel anderthalb Millimeter in der Zeichnung einnimmt. Sie unterscheiden sich indefs darin, dafs man sich in dem *oberen* oder *elektrischen* Spectrum, wenn man eine richtige Vorstellung von demselben haben will, die schwarzen Striche als leuchtende denken mufs, leuchtend mit der Farbe, die ihrem Platz im Spectrum entsprechen. Zu diesen Beobachtungen wurde ein Flintglasprisma von Merz mit einem Brechungswinkel von 46° 34′ 57″ benutzt.

Die Beobachtungen, welche der Abbildung des elektrischen Spectrums zum Grunde liegen, habe ich in der folgenden Tafel zusammengestellt. Dabei hat man zu merken, dafs die Messungen für die verschiedenen Metalle nicht auf einmal angestellt sind, sondern dafs das Prisma für jede Reihe besonders eingestellt wurde, so, dafs die Linie *D* das Minimum der Ablenkung gab [1]).

	Zinn.	Blei.	Zink.	Platin.	Mittel.
C_1	+ 16′ 10″			+ 16′ 30″	+ 16′ 20″
β_2				+ 8 40	+ 8 40
γ_4	— 9′ 11″	— 8′ 36″	— 9′ 3″	— 9 3	— 8 58
5	— 13 20	— 13 11	— 13 55	— 13 38	— 13 31
E_6	— 29 35	— 29 26	— 30 5	— 29 33	— 29 40
δ_7	— 39 37	— 39 1	— 39 23	— 38 32	— 39 8
8				— 51 30	— 51 30
9				— 56 20	— 56 20
F_{10}	— 1° 1′ 52″	— 1° 1′ 56″	— 1° 2′ 12″	— 1° 2 13	— 1° 2 4
11	— 1 19 50	— 1 16 11	— 1 17 10	— 1 17 15	— 1 18 16
G_{12}	— 1 27 40	— 1 27 11	— 1 27 40	— 1 26 20	— 1 27 13
13	— 1 38 35		— 1 36 0	— 1 35 20	— 1 36 38
H_{14}	— 1 58 50		— 1 58 45	— 1 58 50	— 1 58 48

1) Ein Umstand, welcher auf die Genauigkeit der Messungen schädlich einwirkt, ist der, dafs der Funke nicht von vollkommen demselben Punkt der Kugeln überspringt. Diesem kann man vorbeugen, wenn man die Kugeln mit einer dünnen Lage Wachs überzieht. Der Funke sprengt dann die Wachsdecke an einem Endpunkte und geht sodann fortwährend von ihm aus.

Um auch die Brechungscoëfficienten und demzufolge die Wellenlängen, welche den Hauptlinien des Spectrums entsprechen, berechnen zu können, habe ich die absoluten Ablenkungen einiger gemessen; als Leiter dienten dabei zwei Zinnkugeln.

	a	*b*	
D	241° 26′ 5″	309° 9′ 15″	$\Delta = 33° 50' 45''$
	» » 20		
γ	» 16 55	309 18 30	$\Delta = 34$ 0 48
	» 17 5		
E	240 56 15	309 39 0	$\Delta = 34$ 21 22
	» » 40		
δ	» 46 30	309 48 15	$\Delta = 34$ 30 50
	» » 40		
F	» 23 50	310 8 55	$\Delta = 34$ 52 45

Die Beobachtungen bei der einen Stellung *b* des Prismas sind gemacht *zwischen* den doppelten Ablesungen, welche der anderen Stellung *a* des Prismas entsprechen.

Zwei entsprechende Ablesungen gaben für die Fraunhofer'schen Linien *D* und *b* des Sonnenspectrums

D . . . $\Delta = 33° 51' 40''$
b . . . $\Delta = 34$ 21 57

folglich Werthe, die den vorhergehenden für *D* und *E* im elektrischen Spectrum nahe gleichkommen.

Ein directer Versuch zeigte indefs, dafs *D* im elektrischen Spectrum nicht vollkommen zusammenfällt mit der brandgelben Linie, welche sich im Spectrum der Alkoholflamme oder der äufseren Lichtflamme bildet, sondern etwas dem Rothen näher liegt. Die brandgelbe Linie fällt nämlich zusammen mit der allen Metallen gemeinsamen links von *D* liegenden Linie, welche ich in Taf. III mit *n* bezeichnet habe.

5. Vergleicht man nun das solare mit dem elektrischen Spectrum, so findet man, dafs einige der Linien, wie *C*, *D*, *E*, *G* und man kann auch sagen *H*, ihre entsprechenden im Sonnenspectrum haben, aber für die stärksten γ und δ findet diefs nicht statt.

Indefs kann man um so weniger eine vollkommene Entsprechung zwischen dem solaren und dem elektrischen Spectrum verlangen, als die Linien im ersteren, wie allgemein angenommen wird, nicht blofs durch Einwirkung der Atmosphäre der Erde, sondern auch durch eigene Einwirkung der Sonne entstehen. Für jetzt ist man nicht im Stande beide Liniensysteme von einander zu scheiden, obwohl Brewster's zahlreiche Untersuchungen über den eigenthümlichen Einflufs der Erd-Atmosphäre interessante Aufschlüsse geben. So ruft die Atmosphäre auf der violetten Seite von *C* und auf der rothen von *D* dunkle Linien hervor, ebenso auf der anderen Seite von *D* einen breiten Gürtel, möglicherweise in der Nähe von γ, u. s. w.

Miller sagt [1]), er habe bei herrannahendem Gewitter dunkle Linien zwischen *D* und *E*, doch näher an *D*, entstehen gesehen, was mit der Linie γ zusammenzutreffen scheint. In Broch's Abbildung vom Sonnenspectrum [2]), genommen als die Sonne ihrem Auf- oder Untergang nahe war, findet sich auch bei *D* eine dunkle Zone, obwohl der Abstand von *D* kleiner zu seyn scheint als der zwischen γ und *D*. Auch zwischen *F* und *G* ist eine dunkle Zone, die möglicherweise *F* im elektrischen Spectrum entspricht.

Die Analogie zwischen den beiden Spectren mag indefs mehr oder weniger vollständig seyn, wenn man von allen ihren Einzelnheiten absieht; in ihrer Ganzheit betrachtet, machen sie doch den Eindruck, als wäre das eine Spectrum so zu sagen eine Umkehrung von dem anderen. Ich bin deshalb überzeugt, dafs die Erklärung der dunklen Linien im Sonnenspectrum zugleich die Erklärung der leuchtenden im elektrischen enthält, diese Erklärung mag übrigens entweder in einer Interferenz des Lichts oder in der Eigenschaft der Luft, nur gewisse Oscillationsreihen anzunehmen, gesucht werden. Die erstere Ansicht hat blofs eine Schwierigkeit, nämlich: wie die Entstehung aller der verschiedenen Verzögerungen, welche dabei nöthig werden, zu erklären

1) Pogg. Ann. Bd. 69, S. 409.
2) Pogg. Ann. Ergänzb. III, S. 311.

sey; diefs wird für das elektrische Spectrum um so schwieriger, als alle diese Verzögerungen in der unbedeutenden Luftmasse entstehen müssen, die in directer Berührung mit dem elektrischen Strom ist.

6. In der Taf. III habe ich eine Abbildung der vornehmsten Linien gegeben, welche sich in den Spectris der verschiedenen Metalle zeigen. Dafs bei stärkeren Ladungen noch andere Linien auftreten können, besonders bei den Metallen, welche, wie Platin und Eisen, in böherer Temperatur schmelzen, — ist wahrscheinlich; ich glaube indefs keine der bedeutenderen übergangen zu haben. Die blofse Betrachtung der Figur zeigt indefs eine gewisse Regelmäfsigkeit in der Vertheilung der Linien, auch bei einigen Metallen eine gewisse Tendenz der Linien, truppweise aufzutreten. So treten sie auf beim Blei hauptsächlich in dem gelben und dem blauvioletten Felde, beim Zink in dem rothen und blauen; beim Wismuth bilden sie mehre verschiedene Gruppen. Im Allgemeinen scheinen sich bei den leichtschmelzbaren Metallen die Linien mehr auszubreiten. Beim Quecksilber und Blei gehen die längsten in das Violett. Eigen ist es, dafs Gold und Silber eine gemeinsame Linie in dem Grünen haben, aber Silber aufserdem ein Paar Linien gemeinsam mit Quecksilber.

Allen Metallen gemeinschaftlich ist die Linie *n*; auch die *m* im Rothen, obwohl sie, wegen ihrer Schwäche, schwer ihrer Lage nach mit Genauigkeit zu bestimmen ist, scheint allen gemeinsam zu seyn; doch sah ich sie beim Quecksilber nicht. Die Kohle gab keine eigenen Linien, sondern blofs die zuvor angeführten, welche sich in allen Spectren finden.

7. Schon Wheatstone hat bemerkt, dafs, wenn die Pole aus zwei verschiedenen Metallen bestehen, das Spectrum die Linien beider Metalle enthält. Es war deshalb von Interesse zu untersuchen, ob eine Verbindung derselben Metalle, besonders eine chemische, auch die Linien beider Metalle gebe oder sich dieselbe durch Auftreten neuer Linien auszeichne. Es zeigte sich, dafs das erste

der Fall ist. Der einzige Unterschied bestand blofs darin, dafs gewisse Linien fehlten oder sich mit gröfserer Schwierigkeit zeigten; aber wenn sie sich zeigten, erschienen sie immer an denselben Stellen, wie bei den einzelnen Metallen Es ist sehr leicht, sich hiervon zu überzeugen, wenn man den einen Pol z. B. aus Sn_4 Pb bestehen läfst. Von der Seite des Spectrums, welche dem Pol der chemischen Verbindung entspricht, gehen dann Linien aus, die beiden Metallen angehören, und man controlirt die Lage dieser Linien dadurch, dafs man successive für den andern Pol die beiden Metalle einsteckt.

Verbindet man die Metalle in anderen Verhältnissen, so zeigt sich kein Unterschied. Bei Zn Sn waren die Linien im Blau etwas nach dem Violetten verschoben, aber höchst unbedeutend. Diefs Resultat ist in sofern für die Theorie von Interesse, als es zeigt, dafs die Theilchen beider Metalle, rücksichtlich des Aggregatzustandes, worin sie hier vorkommen, nicht zu besonderen Gruppen vereinigt sind, sondern ein jedes besondere Oscillationscentra bildet.

8. Die jedem Metalle eigenen Linien im elektrischen Spectrum scheinen nicht durch Interferenz entstehen zu können. Durch Interferenz können scharf begränzte Linien nicht anders entstehen, als wenn sie sehr nahe liegen; sonst breiten sie sich über gröfsere Theile des Spectrums aus. Durch Vereinigung ungleicher Verzögerungen, können sicherlich Gruppen von feinen Linien sich bilden, aber nicht füglich isolirte Linien. Was besonders gegen die ebengenannte Annahme spricht, ist der Umstand, dafs diese leuchtenden Linien von der Kante des Prismas auszugehen scheinen und sich in der Mitte verlieren, ohne dafs der Grund, auf welchem sie sich abzeichnen, im Mindesten verändert zu seyn scheint.

Auf gleiche Weise, wie man annimmt, dafs das fast einfarbige Licht, welches die Alkoholflamme aussendet, seinen Grund darin hat, dafs dessen Oscillationsbewegungen fast ausschliefslich dem gelben Licht entsprechen, obwohl

eine Spur von leuchtenden Linien auch in dem übrigen Spectrum vorkommt, so scheint man auch andererseits zu der Annahme gezwungen zu seyn, dafs die einem Metalle angehörigen hellen Linien im elektrischen Spectrum, deren Anzahl mit der Stärke der Elektricität wächst, den Oscillationsreihen des Metalls im gasförmigen Zustand entsprechen.

9. Im Zusammenhang mit dem Vorhergehenden, will ich hier auch eine Beobachtung anführen, die ich an der Flamme einer Lösung von Jod in Alkohol gemacht habe. Die Alkoholflamme allein giebt ein Spectrum wie folgende Figur:



worin *a* die brandgelbe Linie bezeichnet, *b* eine schwächere im äufsersten Blau, und *c*, *d* Spuren von zwei anderen Linien. Die Jodlösung giebt nun auf beiden Seiten von *d* mehre schwache, helle Linien mit gleichen Zwischenräumen; ihr gegenseitiger Abstand beträgt etwa 10′. Zwei Mal, da der Docht mit Jod versetzt wurde, sah ich auch zwischen *b* und *c* dunkle Streifen sich bilden, die ungefähr gleichen Abstand von einander hatten. Das Phänomen scheint dasselbe zu seyn, wie bei der Absorption des Jods; auch waren die Streifen nicht scharf begränzt, sondern glichen wirklichen Interferenzstreifen.

10. Das Studium der Spectra des elektrischen Funkens scheint mir, kann auch beitragen zur Lösung einer Frage, welche die Optik eben so sehr interessirt wie die Astronomie. Doppler hat nämlich die Farbe der Doppelsterne durch die Annahme zu erklären gesucht, dafs die Geschwindigkeit eines Körpers Einflufs auf dessen Farbe habe. Andererseits hat Petzval in einem in der Wiener Academie gehaltenen Vortrag auf analytischem Wege bewiesen, dafs die Bewegung des Mediums keinen Einflufs haben kann auf die Oscillationszeit, von welcher die Farbe

ausschliefslich abhängt. Obwohl dieser Satz an sich wahrscheinlich ist, dürfte doch, wie mir scheint, ein praktischer Beweis von seiner Richtigkeit nicht ohne Interesse seyn.

Aus Wheatstone's Untersuchung über die Geschwindigkeit der Elektricität kennt man zwar nicht die wirkliche Geschwindigkeit des Funkens, aber doch wenigstens einen Gränzwerth, unter den sie nicht herabsinken kann. Er fand nämlich, dafs ein vier Zoll langer Funke in kürzerer Zeit als eine Milliontel-Sekunde übersprang, unter Voraussetzung, dafs man aus 10 Fufs Abstand in der Form eines gespiegelten Funkens von geringerer Erstreckung als einen Zoll keine Veränderung würde erkennen können. Obwohl diese Voraussetzung übertrieben ist, wird doch die Geschwindigkeit beinahe 10 schwedische Meilen in der Sekunde. Allein ein 6 Fufs langer Lichtstrom in einer luftleeren Glasröhre zeigte sich auch im rotirenden Spiegel unverändert; und da nach Masson der Funke sich im luftleeren Raum nicht anders als durch die von beiden Polen ausströmenden Theilchen fortpflanzen kann, so würde daraus folgen, dafs wenigstens drei Fufs in kürzerer Zeit als eine Milliontel-Sekunde zurückgelegt werden; das giebt 80 bis 90 Meilen in der Sekunde, — eine Geschwindigkeit, welche die der Doppelsterne wahrscheinlich viele Male übertrifft.

Läfst man nun einen Funken in schiefer Richtung überspringen, so müfsten, wenn Doppler's Theorie richtig wäre, die von dem einen Pol ausströmenden Theilchen an Farbe verschieden seyn von denen, welche von dem anderen Pol ausströmen, um so mehr, als sie sich in entgegengesetzter Richtung bewegen und folglich die doppelte Geschwindigkeit derselben mitwirkt zu der vorausgesetzten Farbenveränderung. Indefs zeigt sich eine solche nicht. Die hellen Linien entsprechen einander wie zuvor vollkommen. Sowohl aus theoretischen, wie aus praktischen Gründen scheint man also zu dem Schlufs berechtigt zu seyn, dafs Oscillationszeit und Farbe unabhängig sind von der

Geschwindigkeit des Mediums, von welchem das Licht ausgeht.

11 [1]). In dem Vorstehenden habe ich die Ehre gehabt zu zeigen, dafs das Spectrum des elektrischen Funkens eigentlich als eine Ueberdeckung zweier besonderer Spectra zu betrachten ist, von denen das eine dem Metall, und das andere der Luft, in welcher der Funke überspringt, angehört. Hieraus folgt nun nothwendig, dafs, wenn der Funke in einer anderen Gasart als atmosphärische Luft überspringt, das Spectrum eine entsprechende Veränderung zeigen mufs. Theils um zu sehen, worin diese Veränderung bestehe, theils auch um die angeführte Thatsache der Superposition eines Luft- und eines Metallspectrums aufser allen Zweifel zu setzen, habe ich die Erscheinungen beobachtet, welche der elektrische Funken in verschiedenen Gasen zeigt. Die Gase, welche ich bisher zu untersuchen Gelegenheit hatte, sind: Sauerstoff, Kohlensäure, Stickstoffoxyd, Wasserstoff, Kohlenwasserstoff und Stickstoff. Und da die Resultate, die ich mit ihnen erhielt, mir nicht ohne Interesse zu seyn scheinen, so nehme ich mir die Freiheit, sie dem früheren Aufsatz hinzufügen.

Der zu diesen Beobachtungen gebrauchte Apparat ist in Fig. 2 Taf. IV [2]) abgebildet. Er besteht aus einer Glasröhre mit zwei Messingkappen, mit welchen sie einen geschlossenen Cylinder bildet, in welchem der elektrische Funken zwischen den beiden Messingkugeln *a* und *a* überschlägt; die eine derselben kann mittelst einer Schraube gehoben oder gesenkt werden. Die Röhre *b* dient zum Hineinleiten des anzuwendenden Gases, welches dann durch ein Loch im entgegengesetzten Ende des Cylinders ausströmt. Um einigermafsen sicher zu seyn, dafs in dem Apparat keine atmosphärische Luft zurückgeblieben sey, liefs ich das Gas gewöhnlich eine Stunde lang durch den Apparat strömen, ehe die Beobachtung begann. Dabei bediente ich mich desselben Flintglasprisma wie zuvor, so

1) Von hier ab der Academie im Sept. 1853 eingereicht.

2) Die dem folgenden Hefte beigegeben werden wird.

dafs die erhaltenen Resultate, streng genommen, nur für die Lichtarten gelten, für welche das Flintglas diaphan ist, was zu bemerken hier um so nothwendiger ist, als man leicht vergifst, wie sehr das Glas im Allgemeinen die beiden äufsersten Enden des Sonnenspectrums absorhirt. Auch darf ich nicht unerwähnt lassen, daf die angewandten Gase nicht vollkommen rein waren, obgleich ich nicht glaube, dafs dadurch einige mifsleitende Resultate entstanden seyn können, was übrigens der Leser aus der folgenden Beschreibung selbst wird beurtheilen können.

12. *Sauerstoffgas.* Das Gas wurde aus chlorsaurem Kali bereitet und direct in den Apparat geleitet. Das dabei von mir erhaltene Spectrum ist in Fig. 1, Taf. IV mit *O* bezeichnet. Vergleicht man dieses Spectrum mit dem der Atmosphäre, so findet man, dafs 1) die stärksten Linien des Luftspectrums, welche ich in Fig. 6 Taf. I mit γ, δ, D, E bezeichnet habe, hier verschwunden sind, und 2) dafs das blaue und violette Feld neue Linien zeigen, welche in dem eben genannten nicht vorkommen.

Was ferner die eigenen Linien des Metalls betrifft, welche dem Kupfer und dem Zink angehören [1]), so zeigten sie sich am Schlufs des Versuchs fast unmerklich; besonders war diefs der Fall mit dem Zink im blauen Felde. Hieraus scheint man schliefsen zu können, dafs die dem Metall angehörigen hellen Linien nicht durch Oxydation des Metalls entstehen, weil sie sich sonst im Sauerstoff am stärksten zeigen müfsten. Nichsdestoweniger zeigten die Messingkugeln durch ihr Aussehen, dafs eine Oxydation an ihrer Oberfläche stattgefunden hatte, und möglicherweise mufs hierin die Ursache der angeführten Esscheinung gesucht werden.

13. *Kohlensäuregas.* Das Gas wurde wie gewöhnlich mittelst Schwefelsäure aus Kreide entwickelt und zur Trock-

1) In der Figur sind die Linien des Metalls blofs für die Kohlensäure angegeben, da sie bei diesem Gase am stärksten sind. Von den Linien des Kupfers zeigten sich indefs keine in dem blauen und violetten Felde.

nung durch eine mit zerstofsenem und mit Schwefelsäure befeuchteten Bimstein gefüllte Flasche geleitet. Das erhaltene Spectrum ist in Fig. 1 Taf. IV mit C̈ bezeichnet; es glich vollkommen dem des Sauerstoffs, was die stärkeren Linien im blauen und violetten Felde betrifft. Einige Verschiedenheit zeigte sich indefs bei den schwächeren Linien; auch beobachtete ich einen helleren Streifen (entsprechend 13 Fig. 6 Taf. I des Luftspectrums) welchen ich im Sauerstoffspectrum nicht wahrnahm. Indefs können beide Spectra als identisch angesehen werden und beide als dem Sauerstoff angehörig. Diefs erklärt sich auch leicht dadurch, dafs, nach Berzelius, der elektrische Funke die Kohlensäure in Kohlenoxydgas und Sauerstoffgas zerlegt, wobei denn das entwickelte Sauerstoffgas die dieser Gasart eigenthümlichen Linien im Spectrum wiedergiebt.

Da möglicherweise die violetten und blauen Linien im Spectrum des Sauerstoffs und der Kohlensäure durch Oxydation der Messingtheilchen bei deren Bewegung durch das Gas entstehen konnten und sie in diesem Falle verschwinden müfsten, wenn die Kugeln *aa* aus einem nicht oxydirbaren Metall genommen würden, so liefs ich diese beiden Kugeln stark warm vergolden (durch Quecksilber-Vergoldung) und wiederholte sodann den Versuch mit Kohlensäure. Es zeigte sich dabei keine Veränderung in den zuvor beobachteten Linien, welche ich als dem Gase angehörend betrachte; die Metall-Linien dagegen hatten sich verändert, ohne jedoch den zuvor beim Golde beobachteten ganz gleich zu seyn. Ein in der Mitte abgebrochene Lichtlinie zeigte sich nämlich im Sauerstoffspectrum um 3 Linien höher, was *F* im Luftspectrum entspricht, ohne jedoch mit einer der Zink-Linien zusammen zu fallen. Aufserdem zeigten sich bei 5 und *E* feine Linien.

14. *Stickstoffoxydgas*, N̈. Ein Gemenge von Zucker und verdünnter Salpetersäure wurde erhitzt und das entweichende Gas zuerst durch Wasser und dann durch den erwähnten Trockenapparat geleitet. Das Spectrum des Ga-

ses zeigte eine Vereinigung von Luft- und Sauerstofflinien, obwohl keineswegs vollständig. Da nach Berzelius der elektrische Funke das Stickstoffoxydgas in Stickgas und salpetrige Säure oder wahrscheinlicher untersalpetrige Säure zerlegt, so mufsten die beiden Linien γ und δ dem Stickstoff angehören; schwerer erklärbar ist die Entstehung der Sauerstofflinien, wenn man nicht annehmen will, dafs das gebildete salpetrigsaure Gas anderweitig zersetzt wird.

15. *Wasserstoffgas.* Dieses Gas wurde aus Zink und Schwefelsäure entwickelt und auf gewöhnliche Weise getrocknet. Sein Spectrum ist in Fig. 1 Taf. IV mit H_a und H_b bezeichnet. H_b stellt nach einer ungefähren Schätzung die Lichtstärke der verschiedenen Punkte des Spectrums dar. Merkwürdig für das Wasserstoffgas sind die starken, leuchtenden und breiten Linien, die sich im rothen Felde des Spectrums zeigen, welches übrigens, aufser einer schwachen Linie in der Nähe der ersteren, blofs zwei helle Partien enthält, eine an der Gränze des Blauen und Grünen, und die andere im äufsersten Blau.

Im Allgemeinen hat das Spectrum des Wasserstoffgases viele Aehnlichkeit mit dem der Alkoholflamme; nur mufs man sich die rothen Linien näher an das gelbe Licht geschoben denken. Bemerkenswerth ist die Leichtigkeit, mit welcher das Wasserstoffgas die Elektricität fortpflanzt. Auch wenn die Kugeln fast zwei Zoll auseinanderstanden, sprangen die Funken mit gröfster Leichtigkeit über.

16. *Kohlenwasserstoff*, H C. Dieses Gas wurde aus Alkohol und Schwefelsäure entwickelt, dann erst durch Kalilösung und darauf durch den Trockenapparat geleitet. Das Spectrum, welches ich erhielt, war dem des Wasserstoffgases sehr nahe gleich, weshalb ich es nicht besonders abgebildet habe. Es war jedoch heller, besonders im grünen Felde, und zeigte auch links von E (Fig. 6 Taf. I) einen helleren Streifen, welchen ich nicht im Wasserstoffspectrum fand. Da der elektrische Funke das Kohlenwasserstoffgas in seine Bestandtheile zerlegt, so war das er-

haltene Resultat nicht überraschend, besonders da die Kohle keine eignen Linien im Spectrum bildet.

17. *Stickstoff.* Aus dem Vorhergehenden folgt, dafs die hellen Linien im Luftspectrum fast ausschliefslich dem Stickgas angehören. Um diese Folgerung direct zu prüfen, liefs ich ein Stück Phosphor in den Apparat einschliefsen und entzündete dasselbe durch einen erhitzten Kupferdraht, der durch die kleine, zum Ausströmen des Gases dienende Oeffnung hineingesteckt wurde. Dann verschlofs man diese Oeffnung. Das auf diese Weise erhaltene Stickgas ist nicht rein, sondern gemengt mit einem weifsen Rauch von Phosphorsäure; dieser setzt sich aber und läfst das Stickgas allein zurück. *Der elektrische Funke zeigte indefs dieselben Erscheinungen wie in atmosphärischer Luft.* Dieses Resultat bestätigt nicht nur die hinsichtlich des Stickgasspectrum gemachte Folgerung, sondern beweist auch, dafs die Phosphorsäure durch ihre Gegenwart nichts daran ändert. Endlich beweist es auch, dafs das Luftspectrum nicht eigentlich als ein Resultat der Verbrennung des Stickstoffs in Sauerstoff zu betrachten ist, sondern als ein einfaches Glühphänomen.

18. Eine andere Frage ist die: ob das Glühen der Gastheilchen direct durch die Fortpflanzung der Elektricität, oder ganz mechanisch durch die Bewegung der Metalltheilchen zu Stande komme. Diefs letztere scheint hauptsächlich der Fall zu seyn. Läfst man nämlich den Funken zwischen zwei Punkten überspringen, welche nicht vertical übereinander, sondern in horizontalen Flächen liegen, so werden nichts destoweniger die Metalltheilchen in verticaler Richtung fortgeschleudert, und die Linien, γ, E, δ stellen sich dar wie in *a* Fig. 3, Taf. IV. Folglich sieht man, dafs das Glühen der Lufttheilchen am stärksten ist in der Richtung, in welcher die Metalltheilchen fortgeschleudert werden, und dafs beide Richtungen in der Mitte gleichsam zusammenfliefsen. Merkwürdig hiebei ist, dafs die Metalltheilchen selbst gar keine Neigung zeigen, sich mit einander zu verbinden. So zeigten sich bei einer Ge-

legenheit die Zinklinien im Blau, wie *b* Fig. 3 Taf. IV, ohne dafs die Linien im Luftspectrum merklich verändert erschienen. Die letztere Beobachtung scheint indefs mit dem Vorhergehenden im Widerspruch zu stehen und folglich die Frage über das Glühphänomen unbeantwortet zu lassen. Einen ferneren Beitrag zur Lösung dieser Frage liefert, glaube ich, das folgende.

Beim Versuch mit einigen Schwefelmetallen, z. B. Schwefelsilber und Schwefelantimon, zeigten sich abwechselnd bei einer und derselben Entladung zweierlei Funken, die einen stärker als die gewöhnlichen, und die anderen viel schwächer und von einem matt röthlichen Schein, doch so, dafs sie auf der Oberfläche der Metalle selbst ihr gewöhnliches Ansehen hatten. Betrachtet durch ein Prisma zeigte der Funke am Rande des Spectrums einige helle Punkte, sonst aber war das Feld dunkel. Ich schob das Prisma in einem Abstand von nur vier Fufs vom Funken, aber auch jetzt erwies sich das Feld so dunkel, dafs es nicht möglich war, die Lage der hellen Punkte direct zu bestimmen. Blofs dadurch, dafs sich ab und zu stärkere Funken zeigten, war eine solche Bestimmung möglich, und dabei fand sich, dafs die hellen Punkte genau den eigenen Linien der Metalle entsprachen, welche sich hier blofs auf der Oberfläche der Metalle zeigten. Es scheint also, dafs in diesem Falle die Luft allein die Elektricität fortpflanzte, sie aber das gewöhnliche Spectrum nicht mit einer zur Beobachtung hinreichenden Lichtstärke gab, deshalb, weil die Metalltheilchen nicht durch ihre Bewegung die Luft ins Glühen versetzten. Uebrigens dürfte dieser Gegenstand eine weitere Untersuchung erfordern. Hierher gehört auch wahrscheinlich, was ich mehrmals beobachtet habe, dafs wenn der eine Leiter aus einer Flüssigkeit, z. B. Schwefelsäure besteht, sich die Linien in der entsprechenden Hälfte des Luftspectrums viel schwächer erweisen als in der anderen.

19. Die Versuche, welche ich mit verschiedenen Schwefelmetallen anstellte, führten zu keinem bemerkenswerthen

Resultat. Im Allgemeinen geben diese die Zusammensezzung des Metalls mehr oder weniger vollständig. Es zeigte sich auch kein Unterschied, das Schwefelmetall mochte vom Apparat positive oder negative Elektricität erhalten. Beispielsweise habe ich auf der Taf. III das Spectrum für zwei Schwefelmetalle gegeben, für Schwefelblei und Schwefeleisen. Das letztere ist jedoch bemerkenswerth dadurch, dafs sich in der Nähe der Linie γ und auch im Violetten helle Linien zeigten, welche ich bei meinen Versuchen mit Eisen nicht wahrgenommen habe Diese Linien können jedoch nicht dem Schwefel angehören, weil sie sich dann auch bei anderen Schwefelmetallen zeigen müfsten.

Der Schwefel scheint, wie die Kohle, keine eigenen Linien zu haben. Ich habe den Versuch nicht blofs mit Holzkohle, sondern auch mit Graphit angestellt, aber keine Linien im Spectrum erhalten können, welche mit den bei den Metallen vorkommenden als gleichartig zu betrachten wären. Zwar zeigten sich die Linien des Luftspectrums, besonders im violetten Theil, stärker als gewöhnlich, und in mehren der hellen Theile erschienen deutlich feine Linien (z. B. bei *H* in Fig. 6 Taf. I), allein ich habe keinen Anlafs zu vermuthen, dafs diese Linien der Kohle angehören, besonders da auch Platin den violetten Theil des Spectrums besonders deutlich giebt. Das erwähnte Verhalten mufs darauf beruhen, dafs die Kohle durch ihre feine Zertheilung die Lufttheilchen leichter ins Glühen versetzt.

20. Fafst man die Beobachtungen zusammen, welche in dem Vorhergehenden über die Spectra der Gase angeführt sind, so folgt, dafs sich die meisten hellen Linien beim Sauerstoffspectrum im blauen und violetten Felde befinden, beim Stickstoffspectrum im grünen und gelben, und beim Wasserstoffspectrum im rothen. Diese Erscheinung mufs nothwendig in näherem Zusammenhang stehen mit den chemischen und thermischen Eigenschaften der Gase. Vom Standpunkt der Undulationstheorie aufgefafst, mufs sich die chemische Wirksamkeit hauptsächlich in der

Be-

Bewegung der Molecüle äufsern und mit einiger Wahrscheinlichkeit läfst sich auch annehmen, dafs zwei Körper, deren Oscillationen isochron sind, sich leichter als zwei andere verbinden werden, weshalb auch die Möglichkeit einer Verbindung zuletzt bedingt wird von der Möglichkeit, bei zwei Körpern eine Gleichstimmigkeit in der Molecular-Bewegung hervorzurufen, wofern sie ihnen unter den gewöhnlichen Umständen fehlt.

Die chemische Wirksamkeit gehört indefs nicht einer gewissen Klasse von Strahlen an. Becquerel äufsert *»que chaque substance sensible voie le rayonnement à sa manière«* und dieses läfst eine sehr gedehnte Anwendung zu. So wird das Wasserstoffgas in Berührung mit Platinschwamm in den Zustand versetzt, eine Verbindung mit dem Sauerstoff einzugehen, und die blaue Farbe des Sonnenlichts ruft beim Chlor die Eigenschaft hervor, vermöge deren es mit Wasserstoff vereinbar ist. Diese blauen Strahlen wirken auch am stärksten auf die festen Bestandtheile der Pflanzen, während die gelben Strahlen die grüne Farbe der Pflanzen am wirksamsten ausbilden, u. s. w. Es giebt folglich keine Strahlen im Sonnenspectrum, welche nicht eine chemische Wirksamkeit besitzen, obwohl das violette Ende des Spectrums wegen der Hauptrolle, die der Sauerstoff bei den meisten chemischen Veränderungen spielt, sich darin am wirksamsten zeigt. Dafs ferner bei den meisten Körpern die Verbrennung und Verbindung mit Sauerstoff mit blauer Flamme geschieht, dafs das Zink eine grofse und der Stickstoff eine geringe Verwandtschaft zum Sauerstoff besitzt, diefs Alles scheint zugleich für jene Gleichstimmigkeit in den Oscillationsbewegungen zu sprechen, welche ich als Bedingung für eine chemische Verbindung aufgestellt habe, und beweifst zugleich, dafs die Oscillationen des Sauerstoffs insonderheit dem blauen und violetten Theil des Lichtspectrums angehören.

Dafs isomere Körper ungleiche chemische Eigenschaften besitzen, scheint auch natürlich, da eine Umlagerung der

Molecule des Körpers nothwendig andere Oscillationsbewegungen hervorrufen mufs.

21. Schwerer zu erklären ist, weshalb oft eine mäfsige Erhitzung eine chemische Wirksamkeit hervorzurufen vermag, da die Elasticitätsverhältnisse des Mediums dabei keine so bedeutende Veränderungen erlitten haben können, dafs dadurch neue Oscillationsreihen hervorgerufen würden; oder mit anderen Worten: weshalb eine und dieselbe Art von Oscillationen blofs durch Steigerung ihrer Intensität ganz verschiedene Wirkungen hervorzubringen vermag. Diese Erscheinung scheint auf folgende Weise erklärt werden zu können:

Seyen ξ, η, ζ die Coordinaten eines Moleculs, bezogen auf dessen Gleichgewichtslage, und seyen sie so klein, dafs man in den Differentialgleichungen für die Bewegung die höheren Potenzen von ihnen vernachlässigen kann. Für eine gewisse Art von Bewegung $n=\frac{2\pi}{t}$ kann man dann setzen:

$$\xi = a \cdot \cos(nt+\lambda)$$
$$\eta = b \cdot \cos(nt+\lambda)$$
$$\zeta = c \cdot \cos(nt+\lambda).$$

Nehmen inzwischen die Amplituden zu, so dafs endlich auch ξ^2, η^2, ζ^2 merkbar werden, so habe ich gefunden, wird den Gleichungen für die Bewegung durch folgende Annahme genügt:

$$\xi = \varepsilon + a' \cos(nt+\lambda) + \alpha \cos 2(nt+\lambda)$$
$$\eta = \varepsilon' + b' \cos(nt+\lambda) + \beta \cos 2(nt+\lambda)$$
$$\zeta = \varepsilon'' + c' \cos(nt+\lambda) + \gamma \cos 2(nt+\lambda),$$

so dafs eine blofse Vergröfserung der Amplituden Oscillationen höherer Ordnung hervorrufen kann, und diese sodann chemische Wirkungen ausüben.

22. Eine Frage von grofsem Interesse, deren Beantwortung aber auf bedeutende Schwierigkeiten stöfst, ist die: weshalb das Spectrum, welches man von den glühenden Theilchen im elektrischen Funken erhält, nur gewisse Farben zeigt und nicht, wie es bei einem zum Glühen ge-

brachten Metallstück der Fall ist, alle Farben in einem zusammenhängenden Ganzen. Ein glühender Platindraht giebt ein Spectrum ohne glänzende Linien; der elektrische Funken aus Platin giebt aber solche Linien in Menge. Nicht ohne Zweifel, ob ich in dieser Sache das Rechte getroffen haben möge, wage ich folgende Erklärung aufzustellen:

Die Theorie der kleinen Bewegungen im Allgemeinen lehrt, dafs die Menge der Molecularbewegungen eines Körpers das dreifache der Anzahl der Molecule innerhalb der Attractionssphäre ist, und daraus folgt, dafs wenn dieser Molecule unendlich viele sind, auch die Menge ihrer Bewegungen unendlich seyn mufs, dafs mithin auch das Spectrum sich als ein zusammenhängendes Ganzes zeigen mufs. Diefs braucht indefs nicht der Fall zu seyn mit den Metalltheilchen, welche durch die Elektricität fortgeschleudert werden. Diese Theilchen können in Gröfse bedeutend unter der Attractionssphäre der Molecüle bleiben; dadurch wird die Anzahl der möglichen Oscillationen eingeschränkt, weshalb auch das Spectrum kein zusammenhängendes Ganzes bilden kann.

23. Stokes's interessante Abhandlung »Ueber die Veränderung der Brechbarkeit des Lichts«, die in Poggendorff's Annalen auszugsweise mitgetheilt und zuvor im Eingange dieser Abhandlung citirt worden ist, habe ich erst neulich Gelegenheit gehabt ausführlich kennen zu lernen [1]). Ich sehe daraus mit Befriedigung, dafs Stokes's Erklärung der merkwürdigen Dispersionsphänomene bei der grünen Pflanzenfarbe, beim schwefelsauren Chinin und bei einem Absud von Rofskastanienrinde u. s. w., nämlich: dafs das Medium unter Beleuchtung von der Sonne selbstleuchtend werde, gerade dieselbe ist, welche ich im Vorstehenden von denselben Erscheinungen gegeben habe.

24. Das Gesetz, zu welchem Stokes gelangt ist, dafs bei der inneren Dispersion die Brechbarkeit des einfallen-

1) Pogg. Ann. Ergänzbd. IV, S. 177.

den Lichts verändert und zwar im Allgemeinen vermindert wird; oder, was dasselbe ist: dafs die Oscillationszeit beim dispergirten Licht im Verhältnifs zum einfallenden vergröfsert wird, diefs Gesetz steht keineswegs im Widerspruch mit den dynamischen Principien. Die Unveränderlichkeit der Oscillationszeit gilt blofs für Wellenbewegungen; und so lange der Lichtstrahl unter dieser Form auftritt, bleibt auch die Oscillationszeit unverändert; wird er aber absorbirt von einem Medium, deren Theilchen dadurch in Oscillationen versetzt werden, so geht die Wellenbewegung in eine Pendelbewegung über und das Gesetz von der Unveränderlichkeit der Oscillationszeit hört auf gültig zu seyn. Die moleculare Bewegung der Theilchen theilt sich indefs dem Aether mit, und es entsteht dadurch eine neue Wellenbewegung, die rücksichtlich der Oscillationszeit verschieden ist von der des einfallenden Lichts, aber gleich mit der Pendelbewegung, aus welcher sie entsprang.

Wie zuvor bemerkt, besitzt man in der Absorption der Wärmestrahlen ein lang bekanntes Beispiel einer ähnlichen Umwandlung. Es findet jedoch zwischen dem dispergirten Licht und der absorbirten Wärme ein wichtiger Unterschied statt: das erstere hört mit der Beleuchtung auf, die letztere nicht. Was kann wohl die Ursache dieser bedeutenden Verschiedenheit seyn? Es hält schwer, dieselbe mit Sicherheit anzugeben; allein wahrscheinlich hat sie ihren Grund in dem Umstand, dafs die untersuchten Substanzen kein Leitungsvermögen für die Farben haben in derselben Weise wie für die Wärme, so dafs die Molecularbewegung des Mediums unmittelbar übergeht in Wellenbewegung des Aethers und daher, in eigentlicher Bedeutung des Worts dispergirt wird. Möglich auch, dafs die Molecularbewegungen unter Einwirkung des Lichts nicht unendlich klein sind, und dafs deshalb, nach dem von mir zuvor Angeführten, dem Aether Oscillationsbewegungen einer höheren Ordnung, nämlich die Octave, mitgetheilt werden, so lange der Körper beleuchtet wird, dafs aber diese unmerklich werden, wenn sich die Amplituden

mit Abnahme des Lichts verringern. In solchem Falle würde indeſs das Medium erhitzt werden.

Auch Stokes nimmt an, die Molecularbewegungen des absorbirenden Mediums seyen nicht unendlich klein, aber er zieht daraus den ganz entgegengesetzten Schluſs: daſs die Bewegungsperioden des Mediums länger werden als die der sie erregenden der Aetherwellen, während nach meinen Untersuchungen gerade das Gegentheil eintreten muſs, vorausgesetzt übrigens, daſs die Theile des Mediums isochron mit dem Aether schwingen und nicht übereinstimmend mit der eigenen Elasticität desselben.

IX. *Beitrag zur Theorie der Gaugain'schen Tangentenbussole; von Dr. Victor Pierre,*

K. K. Professor.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. Sitzungsberichten d. Wien. Akad.)

Der glückliche Einfall Gaugain's zu untersuchen, ob die in den bisher angewendeten Weber'schen Tangentenbussolen nur mit einem ziemlich geringen Grade von Annäherung stattfindende, einfache Proportionalität zwischen Stromstärke und Tangente des Ablenkungswinkels, nicht vielleicht dadurch erzielt werden könne, daſs man den Drehungspunkt der Nadel aus der Ebene des Kreisstromes um eine bestimmte Gröſse herausrücken läſst, hat, von günstigem Erfolge begleitet, einem Instrumente Entstehung gegeben, dessen Theorie Bravais in den *Comptes rendus* der Pariser Academie *T. XXXVI*, *p.* 193 mitgetheilt hat [1]). Aus dieser ganz allgemeinen Untersuchung geht hervor, daſs, wenn die Nadellänge $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{5}$ des Durchmessers des Kreisstromes nicht übersteigt, das Gaugain'sche Instrument mit einem für practische Zwecke völlig genügenden Grade von Annäherung die Stromintensität der Tangente des Ab-

1) Siehe Ann. Bd. 88, S. 446.

lenkungswinkels der Nadel proportional finden läfst, selbst in dem Falle, dafs die Ablenkungswinkel bedeutend grofs würden, wo die Angaben der Weber'schen Tangentenbussolen schon sehr unzuverlässig sind. Durch diesen Umstand ist die Gaugain'sche Bussole in bedeutendem Vortheile gegen die bisher üblichen, und dürfte daher die letzteren bald verdrängt haben, ihre Theorie aber in der Form, wie sie Bravais gegeben hat, würde wegen der Anwendung des höheren Calculs für das gröfsere Publikum unzugänglich bleiben. Ich glaube daher manchem Freunde oder Lehrer der Naturwissenschaften einen kleinen Dienst zu erweisen durch die Mittheilung einer auf die einfachsten mathematischen Hülfsmittel sich beschränkenden Darstellung, auf welche ich durch eine von der Bravais'schen etwas abweichende Anlage der Rechnung geführt wurde. Bezeichnet X die auf der Stromebene normale, Y die ihr parallele Componente der Stromaction, so lassen sich allgemein X und Y in Reihenform darstellen; die einzelnen Glieder der Reihe für X erscheinen sämmtlich mit Potenzen des Quotienten aus der halben Nadellänge in einer Gröfse, welche gröfser ist als der Abstand des Poles der Nadel vom Centrum des Kreisstromes multiplicirt. Der Ausdruck für X enthält aber ein von diesem Quotienten unabhängiges Glied. Wenn man daher die Nadellänge sehr klein werden läfst, verschwinden die Componenten Y für jeden Pol der Nadel, während die Componenten X sich auf einen Ausdruck reduciren, der ohne alle Integralrechnung mittelst elementarer Betrachtungen sich erhalten läfst, und auch in mehreren Lehrbüchern sich entwickelt findet [1]). Diefs vorausgeschickt kommt die Sache darauf hinaus, die Bedingungsgleichung des Gleichgewichtes aufzustellen für eine Magnetnadel, deren Mittelpunkt in einer auf die Ebene des Kreisstromes im Centrum des letzteren senkrechten Geraden liegt, während ihre Pole einen zu vernachlässigenden Abstand von eben dieser Senkrechten haben.

1) Kunzek, Lehrbuch der Physik S. 567. — Ettingshausen's Anfangsgründe, 2te Auflage, S. 369 etc.

Ist sodann x_1 der Abstand des einen, x_2 der des zweiten Poles von der Stromebene, $2l$ der gegenseitige Abstand beider Pole, $2ml$ das magnetische Moment der Magnetnadel, ϱ der Halbmesser des Kreisstromes; so wirkt auf den einen Pol der Nadel normal zur Stromebene die Kraft:

$$X_1 = \frac{2\pi k \varrho^2 m i}{(x^2_1 + \varrho^2)^{\frac{3}{2}}}$$

auf den zweiten Pol hingegen die Kraft:

$$X_2 = \frac{-2\pi k \varrho^2 m i}{(x^2_2 + \varrho^2)^{\frac{3}{2}}}$$

wobei i die Stromintensität und k ein von der Wahl der Einheit dieser Intensitäten abhängiger constanter Factor ist. Die der Stromebene parallelen Componenten reduciren sich auf Null. Denken wir uns die Stromebene dem magnetischen Meridian parallel und die Nadel um den Winkel w aus diesem abgelenkt, so ist

$$(X_1 + X_2)\, l \cos w$$

das Drehungsmoment, mit welchem der Strom auf die Nadel wirkt, während

$$2 H m l \sin w$$

das Drehungsmoment ist, mit welchem die Horizontal-Componente des Erdmagnetismus die Nadel in den magnetischen Meridian zurückzudrehen strebt. Im Zustande des Gleichgewichtes ist:

$$(X_1 + X_2) \cos w = 2 H m \sin w.$$

Substituirt man statt X_1 und X_2 die obigen Werthe, und vollführt die nöthigen Reductionen, so erhält man

$$i = \frac{H \operatorname{tang} w}{\pi k \varrho^2} \cdot \frac{(x^2_1 + \varrho_2)^{\frac{3}{2}} (x^2_2 + \varrho^2)^{\frac{3}{2}}}{(x^2_1 + \varrho^2)^{\frac{3}{2}} + (x^2_2 + \varrho^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{H \operatorname{tang} w}{\pi k \varrho^2} F.$$

Unsere Aufgabe ist nun, zu zeigen, dafs, wenn wie bei Gaugain's Bussole der Abstand des Nadel-Centrums von jenem des Kreises ein Viertel des Kreisdurchmessers ist, F ein von dem Ablenkungswinkel w unabhängiger, con-



stanter Ausdruck ist. Es sey nun x der Abstand des Mittelpunktes der Magnetnadel von der Stromebene, so dafs

$$x_1 = x + l \sin w; \quad x_2 = x - l \sin w.$$

Substituirt man diese Werthe in F und setzt zur Abkürzung

$$x_2 + \varrho_2 + l^2 \sin w^2 = A$$

so erhält man, wenn man die Ausdrücke für $(x^2{}_1 + \varrho^2)^{\frac{3}{2}}$ und $(x^2{}_2 + \varrho^2)^{\frac{3}{2}}$ nach dem binomischen Satze bis inclusive der Glieder mit $\sin w^2$ entwickelt:

$$F = \frac{A^{\frac{3}{2}}\left(1 - \frac{4x^2 l^2 \sin w^2}{A^2}\right)^{\frac{3}{2}}}{2\left(1 + \frac{3}{2}\frac{x^2 l^2 \sin w^2}{A^2}\right)}.$$

Es ist aber auch

$$A = (x^2 + \varrho^2)\left(1 + \frac{l^2 \sin w^2}{x^2 + \varrho^2}\right)$$

und man kann daher, wenn man nur die Glieder behält, die $\sin w^2$ enthalten, statt $\frac{x^2 l^2 \sin w^2}{A^2}$ setzen: $\frac{x^2 l^2 \sin w^2}{(x^2+\varrho^2)^2}$.

Auf diese Weise erhält man:

$$F = \frac{(x^2+\varrho^2)^{\frac{3}{2}}\left(1 + \frac{l^2 \sin w^2}{x^2+\varrho^2}\right)^{\frac{3}{2}}\left(1 - \frac{4x^2 l^2 \sin w^2}{(x^2+\varrho^2)^2}\right)^{\frac{3}{2}}}{2\left(1 + \frac{3}{2}\frac{x^2 l^2 \sin w^2}{(x^2+\varrho^2)}\right)}.$$

Wenn man auch bei den weiteren Entwickelungen bei den Gliedern mit $\sin w^2$ stehen bleibt, hat man:

$$F = \frac{1}{2}(x^2 + \varrho^2)^{\frac{3}{2}}\left(1 + \frac{3}{2}\frac{l^2 \sin w^2}{x^2+\varrho^2}\right)\left(1 - \frac{3}{2}\cdot\frac{4x^2 l^2 \sin w^2}{(x^2+\varrho^2)^2}\right)$$
$$\left(1 - \frac{3}{2}\frac{x^2 l^2 \sin w^2}{(x^2+\varrho^2)^2}\right).$$

Durch wirkliche Multiplication ergiebt sich, wenn man überdiefs das Glied $\frac{3}{2}\frac{l^2 \sin^2 w^2}{x^2+\varrho^2}$ im Zähler und Nenner mit $x^2 + \varrho^2$ multiplicirt:

$$F = \frac{1}{2}(x^2 + \varrho^2)^{\frac{3}{2}}\left[1 + \frac{3}{2}(\varrho^2 - 4x^2)\frac{l^2 \sin w^2}{(x^2+\varrho^2)^2}\right],$$

oder

$$i = \frac{(x^2+\varrho^2)^{\frac{3}{2}}}{2\pi k \varrho^2} H \operatorname{tang} w \left[1 + \frac{3}{2}(\varrho^2 - 4x^2)\frac{l^2 \sin w^2}{(x^2+\varrho^2)^2}\right],$$

woraus sich für $x = \frac{\varrho}{2}$ sogleich die Proportionalität zwischen i und $\tang w$ für jeden Werth von w (natürlich innerhalb gewisser Gränzen) ergiebt.

Der in den Klammern stehende Ausdruck stimmt nicht völlig mit dem von Bravais überein, vielmehr enthält dieser noch einige Glieder, die in unserem Ausdrucke fehlen; es rührt diefs davon her, dafs wir die der Stromebene parallelen Componenten $Y = o$ setzten und auch in den Ausdrücken für X gewisse Glieder vernachlässigten, die bei Bravais noch berücksichtigt sind; da aber die in obiger Formel nicht erscheinenden Glieder bei diesem mit dem Factor $(\varrho^2 - 4x^2)$ multiplicirt sind, und somit für $x = \frac{\varrho}{2}$ verschwinden, ist diese Verschiedenheit nicht der Art, dafs sie das von uns angestrebte Resultat zu beeinträchtigen vermöchte.

X. *Ueber den bei Linum, unweit Fehrbellin in der Mark Brandenburg, niedergefallenen Meteorstein; von G. Rose.*

(Aus den Monatsberichten d. Akademie, October 1854.)

Nach Vorzeigung des Meteorsteins, der von Sr. Majestät dem Könige dem K. mineralogischen Museum geschenkt und für dasselbe von Hrn. A. v. Humboldt dem Berichterstatter übergeben worden war, las dieser den Bericht des Torfgräbereibesitzers Friedrich Kelch, mit welchem derselbe den Stein an Sr. Maj. den König übersandt hatte und der folgendermafsen lautet:

»Nachstehende Darstellung ist der Aussage des Torfmeisters Kohle aus Fehrbellin, welcher die Auswerbung der Gräberei Carwe von Friedrich Kelch [1]) aus Fehrbellin leitet, entnommen.

1) Die Torfgräberei Carwe von Friedrich Kelch in Fehrbellin liegt am sogenannten Bütz-Rhin, welchen Namen der Rhinflufs vom Bütz-See bis zum Punkte, von wo aus er sich westlich wendet, führt.

Kurz vor 8 Uhr am 5. Sept. d. J. um die Frühstückszeit befand ich mich in den Feldern der Gräberei, welche den Wustrauer Gutswiesen zunächst liegen. Der Himmel war wolkenlos, die Luft klar, das Wetter still. Ein sonderbares Geräusch erstaunte mich; es war, als ob die Windmühle der benachbarten Gräberei gedreht würde, und ich wunderte mich, warum diefs bei Windstille geschähe. Nachdem ich mich von dem Ungrund meiner Vermuthung überzeugt hatte, wurde es mir klar, dafs der Ton von oben her käme. Derselbe verstärkte sich von Augenblick zu Augenblick, und näherte sich in der Richtung von SW. nach NO. Nach einer Dauer von etwa zwei Minuten war das Getöse, das zuletzt ein Geheul und Gebrüll von erschrecklicher Stärke war, urplötzlich beendigt. Sämmtliche Leute in der Gräberei waren aufgeschreckt, alle hatten ihre Blicke aufwärts gerichtet; Niemand aber sah etwas, und Furcht und Entsetzen bemächtigte sich Aller. Der Glücklichste war einer meiner Anfahrer, welcher in Folge seiner Harthörigkeit nicht seine Blicke, wohl aber eines seiner Ohren dem Schall zuwendete; seine Augen waren ohne Ziel vorwärts gerichtet, und er sah in dem Augenblicke, in welchem das Getöse aufhörte in dem vor ihm liegenden Untergrund (der ausgetorften Fläche) Erde und Moder hoch aufspritzen. Er war es, der mir zurief, dafs zwei Felder (10 Ruthen) von mir ab etwas niedergefallen wäre. Nach einigem Suchen fanden wir in dem bezeichneten Untergrund ein Loch im Rasen. Dasselbe war rund und von zwei Fufs Durchmesser. Es war wider sonstiges Vorkommen ohne Wasser und der dasselbe umgebende Moder trocken. Das Nachgraben in senkrechter Richtung war fruchtlos, bis einer meiner Anschreiber, mit den Händen suchend, einen Gang entdeckte, welcher in schräger Richtung von SW. nach NO. ging. Diesem folgend, stiefsen die Arbeiter beim Graben in etwa vier Fufs senkrechtem Abstand von der Oberfläche im Thon auf den Aërolithen.

Oben bezeichnetes Getöse wurde zur selben Zeit in

der Torfgräberei Linum von Friedrich Kelch, welche eine gute Viertelstunde von der Gräberei Carwe nach SW. zu entfernt liegt, wie fernes Trommelwirbeln gehört.

Die Oberfläche des Steines, welche jetzt leicht aufgerissen erscheint, war ganz glatt; das Loch ist mit einem Messer von den Findern gebohrt worden. Aufser der leicht bröcklichen Steinmasse ergab der Inhalt desselben ein Stückchen hartes Metall von der Gröfse eines recht groben Sandkornes, dafs zugleich so magnetisch war, dafs es am Messer hängen blieb. Es war dieserhalb, und da es ebenfalls hart war, wahrscheinlich Eisen.«

Fehrbellin, den 13. September 1854.

Der Meteorstein ist bis auf das oben erwähnte kleine Loch ganz vollständig. Er hat die Gestalt einer an Kanten und Ecken ganz abgerundeten unregelmäfsigen schiefen dreiseitigen Pyramide, deren eine Seite etwas bauchig und die an jeder Kante der Basis 4 Zoll Preufs. lang und $3\frac{1}{2}$ Zoll hoch ist. Das Gewicht desselben beträgt 3 Pfund $21\frac{3}{4}$ Loth. Er ist äufserlich mit einer schwarzen, matten und etwas rauhen Rinde bedeckt, die, wie oben bemerkt, schwach aufgerissen und wie man an dem gemachten Loche sehen kann, etwa $\frac{1}{3}$ Linie dick ist, also etwas dicker als sie sonst bei andern Meteorsteinen zu seyn pflegt. An dem Loche sieht man ferner, dafs der Stein zu der gewöhnlichen Art der Meteorsteine gehört, und namentlich dem kurz vorhergefallenen Meteorsteine von Gütersloh, oder dem von Mauerkirchen (gefallen 1684) sehr ähnlich ist. Er besteht wie diese aus einer graulichweifsen feinkörnigen Grundmasse, worin gediegenes Eisen in kleinen Körnern eingemengt ist.

Schliefslich erklärte noch der Berichterstatter, dafs er in Rücksicht der angeblichen Meteormasse von Wolfsmühle, bei Thorn, von welcher Stücke in der Sitzung der Academie vom 13. Jan. 1853 vorgelegt und beschrieben wurden (vergl. die Monatsberichte der Academie von 1853, S. 30 und die Verhandlungen von demselben Jahre S. 1), die Meinung von dem meteorischen Ursprung dieser Masse

nicht theile. Das königl. mineralogische Museum hat nach der Zeit eine ansehnliche Menge Stücke dieser angeblichen Meteormasse durch die Güte des Hrn. Al. von Humboldt, dem sie durch den Oberlehrer Hrn. Prowe in Thorn geschickt waren, und des Hrn- Generalmajor Baeyer erhalten. Durch die Untersuchung dieser, sowie auch noch anderer Stücke haben nicht allein der Berichterstatter, sondern auch mehrere seiner Freunde sich überzeugt, dafs sie mit der noch theilweise eingemengten Holzkohle vollkommen das Gepräge von Eisenschlacken tragen. Da sie nun weder die äufsere Beschaffenheit noch die chemische Zusammensetzung einer Meteormasse haben, so kann man sie unmöglich für eine solche halten, wenn man auch nicht angeben kann, ob je bei Thorn ein Eisenwerk bestanden, und es auffallend ist, dafs die Schlacken auf eine so grofse Strecke verbreitet gefunden werden. Gewifs ist das Eisenwerk in sehr früher Zeit da gewesen, da wegen des in der Schlacke eingemengten reinen Eisen die Schlacken denen, die bei Luppenfeuern oder Stücköfen erhalten werden, und die in sehr früher Zeit üblich waren, gleichen.

XI. *Ueber eine Bestimmung der elektromotorischen Kräfte. Aus einem Schreiben des Hrn. Dr. J. Bosscha an den Herausgeber.*

Leiden 7. Sept. 1854.

— Sie erinnern sich vielleicht, dafs ich mit Ihnen von einer Methode zur Bestimmung der elektromotorischen Kräfte gesprochen habe, die sich im letzten Kapitel meiner Inaugural-Dissertation: *De galvanometro differentiali (Lugd. Batav.* 1854) befindet. Während Sie bei ihrer Methode die Verbindung beider Ketten und eine Abzweigung des Stromes so bewerkstelligen, dafs in einem der Zweige, in welchem sich die Quelle der zu messenden elektromotori-

schen Kraft befindet, der Strom Null ist, wenn zwischen den Widerständen und elektromotorischen Kräften die Beziehung

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{r_1 + r}{r} = \frac{r_1}{r} + 1$$

stattfindet, schlage ich vor, die Richtung einer der Ketten umzukehren, so dafs sie nach Art der nebenstehenden Figur combinirt sind, in welcher P_1 P_2 die positiven und N_1 N_2 die negativen Pole der beiden Ketten bedeuten.

Bei dieser Anordnung wird der Strom niemals vernichtet, weder in der einen, noch in der anderen Kette; allein der abgezweigte Strom wird Null, wenn

$$P_1 r_2 - P_2 r_1 = 0 \text{ oder } \frac{P_1}{P_2} = \frac{r_1}{r_2}.$$

Diese Formel ist identisch mit der S. 394 meiner Abhandlung im Bd. 93 dieser Annalen, und man kann den Quotienten $\frac{P_1}{P_2}$ auf dieselbe Weise bestimmen, wie a. a. O. S. 395 für die Bestimmung von $\frac{F_1}{F_2}$ beschrieben worden ist. Wenn man nämlich dem Zweige r_1 einen Widerstand a hinzufügt, nachdem Alles so vorgerichtet ist, dafs ein in dem abgezweigten Strom r angebrachter Multiplicator keinen Strom anzeigt, und man darauf r_2 um eine Gröfse b vermehrt, dergestalt, dafs nach diesen Vergröfserungen von r_1 und r_2 die Nadel des Multiplicators nicht abweicht, so findet man:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{r_1 + a}{r_2 + b} = \frac{a}{b}.$$

Auf diese Weise hat man nicht nöthig, die Widerstände r und r_1 durch eine besondere und directe Messung zu bestimmen, die nach Ihrer Methode erforderlich ist. Solchergestalt habe ich die Messungen gemacht, die sich beispielshalber im letzten Kapitel meiner Dissertation befinden.

Indefs verliert man bei Anwendung dieser Methode den Vortheil, den die Ihrige darbietet, die Polarisation zu vermeiden, wenn es sich um die Bestimmung der elektromotorischen Kraft inconstanter Ketten handelt. Zwar vermindert man bei meiner Methode den störenden Effect dieser Polarisation beträchtlich, wenn man die beiden Drähte

r_1 und r_2 nur auf einen Augenblick zugleich mit r verbindet; allein in dieser Hinsicht scheint mir Ihre Methode viel strenger zu seyn. Bei constanten hydro-elektrischen Ketten dagegen, bei welchen eine Compensation zur Vermeidung der immer vorhandenen schwachen Polarisation unnöthig seyn würde, wenn man den Strom in beiden Ketten nicht gleichzeitig vernichten kann, und bei den thermo- und magneto-elektrischen Ketten, glaube ich, dafs die von mir vorgeschlagene Methode als die einfachere den Vorzug verdient.

Indefs habe ich später gefunden, dafs Ihre Methode einer Abänderung fähig ist, welche sie eben so einfach wie die meinige macht, so dafs diese dann in fast allen Fällen den Vorzug vor der Ihrigen erhält. Beobachtet man das Gleichgewicht der Ströme in einem der Zweige Ihrer Anordnung, so erhält man die Gleichung

$$P_1 r - P_2(r_1 + r) = 0.$$

Nun kann man auf dieselbe Weise wie bei der von mir vorgeschlagenen Methode zwei Widerstände hinzufügen, so dafs man hat:

$$P_1(r + a) - P_2(r_1 + b + r + a) = 0$$

und wenn man die Differenz beider Gleichungen nimmt:

$$P_1 a - P_2(b + a) = 0 \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{b + a}{a} = \frac{b}{a} + 1.$$

Man bedarf daher keiner besonderen uud directen Messung zur Bestimmung von r und r_1 und somit kann man nach Ihrer Methode, wie nach der meinigen, die elektromotorische Kraft bestimmen ohne irgend ein anderes Instrument zu gebrauchen als ein Rheoskop (selbst das, was Hr. Dr. Du Bois-Reymond einen stromprüfenden Froschschenkel nennt) und zwei Kupferdrähte. So abgeändert ist Ihre Methode ohne Zweifel vorzüglicher als die von mir für inconstante Ketten vorgeschlagene. Für constante hydro elektrische Ketten, für thermo- und magneto-elektrische Ketten ist die Wahl gleichgültig, während es im Allgemeinen einen Fall giebt, in welchem Ihre Methode nur angewandt werden kann, wenn man die als Vergleicherinn dienende Kette abändert, nämlich im Fall, dafs die zu vergleichenden elektromotorischen Kräfte beinahe gleich sind und man hat:

$$\frac{P_1}{P_2} = 1 = \frac{r_1 + r}{r} = 1 + \frac{r_1}{r}$$

folglich r unendlich seyn würde.

Da im Allgemeinen bei allen Ketten, in denen eine schwache Polarisation statthat, die elektromotorische Kraft von der Stromstärke abhängen wird, so würde es vielleicht interessant seyn, diesen Einfluſs zu bestimmen. Ihre Methode würde den Fall geben, in welchem die Stromstärke Null wäre, während die meinige denjenigen gäbe, in welchem die Stromstärke irgend einen von Null verschiedenen Werth hätte.

Im Fall man hätte $P_1 r_2 - P_2 r_1$ ist die Stromstärke bei dieser Anordnung gleich in beiden Ketten und bleibt es auch, wenn man die Abzweigung r_1 hinzufügt. Dieſs folgt aus dem leicht zu erweisenden Satz: »Daſs wenn in irgend einem System von Leitern, in dem sich irgend welche elektromotorischen Kräfte befinden, ein Leiter vorhanden ist, in welchem die Stromstärke Null ist, die Stromstärke in allen übrigen Leitern des Systems nicht verändert wird, wenn man diesen Leiter und die etwa darin vorhandene elektromotorische Kraft fortnimmt.«

XII. *Zusammensetzung des rothen Polyhalits von Vic im Dep. der Meurthe; von Dr. Gustav Jenszch.*

Hr. H. Rose erwähnt in seiner Abhandlung »über das Krystallwasser in einigen Doppelsalzen«[1]) eines ziegelrothen dichten Minerals, welches zu Vic im Dep. der Meurthe mit Steinsalz (Chlornatrium) zusammen bricht und welches Derselbe nach einer qualitativen Untersuchung als Polyhalit erkannte.

Im Laboratorium des Hrn. Prof. H. Rose führte ich auf dessen Veranlassung die quantitative Analyse dieses Minerals aus. Es diente mir hierzu ein Stück, welches die Mineraliensammlung der Berliner Universität von Hrn. Berthier erhielt.

1) Pogg. Ann. Bd. XCIII. S. 7 sq.

Die Analyse ergab mir

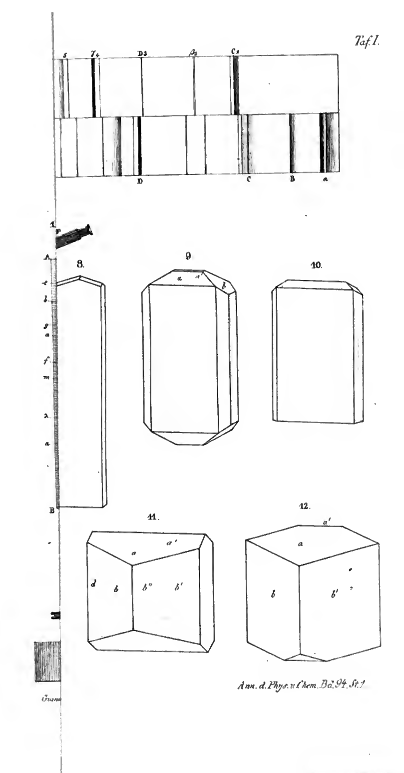
Wasser	6,16
Schwefelsäure	51,93
Chlor	0,18
Kalkerde	18,20
Talkerde	6,61
Kali	13,99
Natron	0,81
Kieselsäure	0,11
Eisenoxyd	1,01
Thonerde	0,39
	99,39

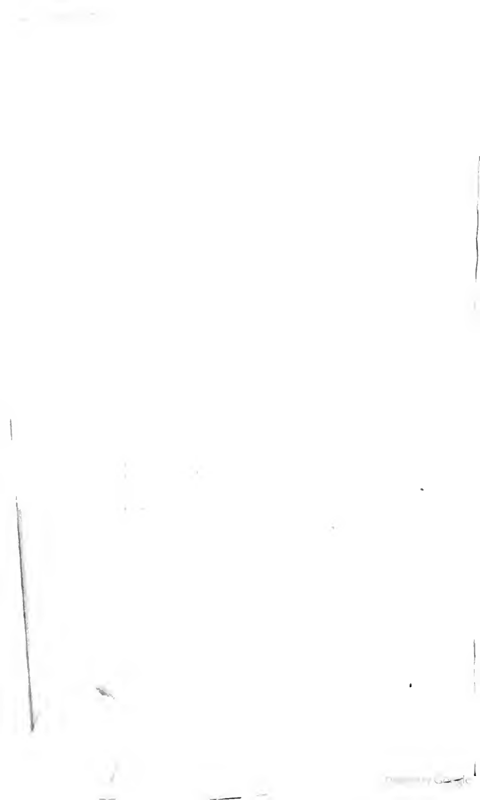
woraus sich folgende Zusammensetzung berechnet:

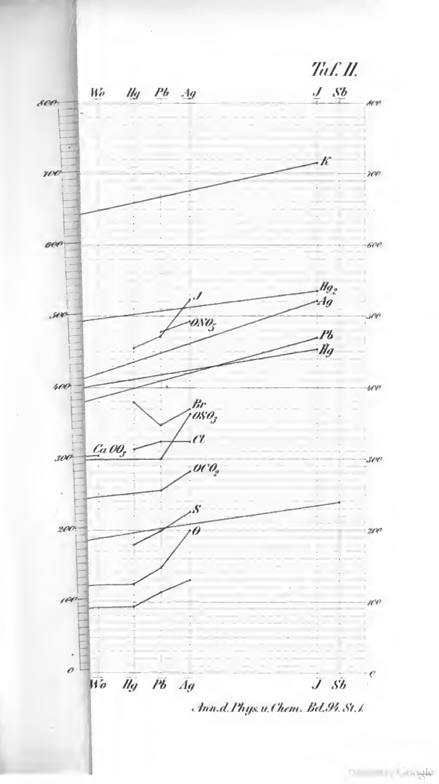
Wasser	6,16
Schwefelsaure Kalkerde	44,11
Schwefelsaure Magnesia	19,78
Schwefelsaures Kali	25,87
Schwefelsaures Natron	1,69
Chlornatrium	0,24
Kieselsäure	0,11
Eisenoxyd	1,01
Thonerde	0,39
Magnesia	0,02
	99,38.

Bei Vergleichung der Analysen der Polyhalite von Ischl, Gmünd, Hallein und Aussee scheint es daher keinem Zweifel zu unterliegen, daſs auch das dichte ziegelrothe Mineral von Vic ein wahrer Polyhalit sey.

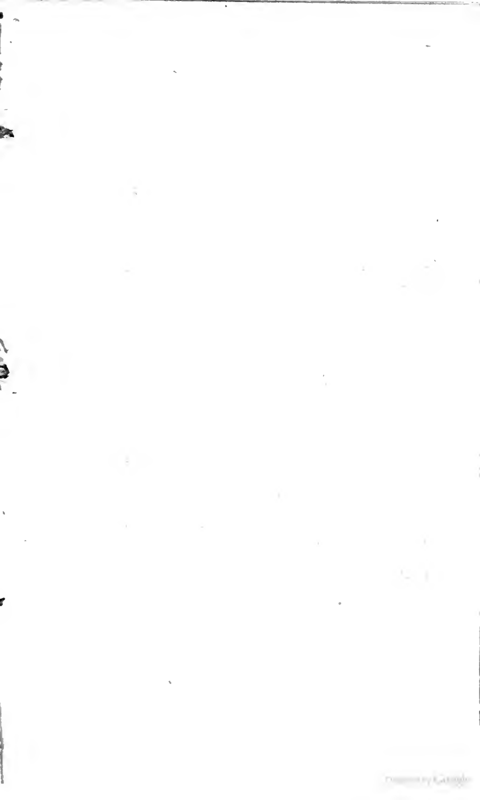
Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.


Taf. I.
5
γ4
D3
β2
C2
D
C
B
a
1
A
B
8.
9
a
a'
b
10.
11.
a
a'
d
b
b''
b'
12.
a'
a
b
b'




Taf. II.
Wo
Hg
Pb
Ag
J
Sb
800
700
600
500
400
300
200
100
0
K
Hg2
Ag
J
ONO3
Pb
Hg
Br
OSO3
Cl
Ca OO3
OCO2
S
O
Wo
Hg
Pb
Ag
J
Sb





Inhalt.

	Seite.
Oryktognostische Mineralien	1
Allgemeine Mineraliensammlungen	14
Mineralien für chemische Laboratorien	14
Geognostische Mineralien	15
Allgemeine geognostische Sammlungen	19
Allgemeine Petrefactensammlungen	19
Dergl. nach speciellen Classen und Formationen zusammengestellt	20
Dergl. von speciellen Localitäten	20
Gypsmodelle	22
Mineraliensammlungen zu Löthrohrversuchen	25
Dergl. für Krystalle, Pseudomorphosen, Zwillingsbildungen, Strnctur, Bruch, Glanz, Farbe, Strahlenbrechnng, Härte u. s. w.	26
Für Anfänger vorzugsweise geeignete Sammlungen von Mineralien, Gebirgsarten nnd Petrefacten	27
Metallurgische Mineralien-Sammlungen	29
Edelsteinsammlungen	30
Sammlungen solcher Mineralien, welche vorzugsweise die Gebirgsarten zusammensetzen	31
Mineraliensammlungen für Chemiker und Pharmaceuten	31
Sammlungen für Architecten	32
Dergl. für Landwirthe	33

1855. ANNALEN №. 2.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XCIV.

I. *Ueber das Verhältniſs des Laplace-Biot'schen Gesetzes zu Ampère's Theorie des Magnetismus; Vergleich der von Neumann und Plücker aufgestellten Theorien der magneto-elektrischen Induction; von Beer in Bonn.*

Aus den Versuchen, welche Biot und Savart über die zwischen einem elektrischen Strome und einem Magneten thätigen Kräfte angestellt hatten, leitete Laplace bekanntlich folgendes Gesetz für die Wechselwirkung eines Stromelementes und eines Magnetpoles ab.

Ein Magnetpol wirkt auf ein Stromelement mit einer Kraft, welche dem Producte aus der Stärke des Poles, der Intensität des Stromes und der zur Verbindungslinie senkrechten Componenten des Elementes gerade, dem Quadrate der Entfernung des Elementes vom Pole aber umgekehrt proportional ist. Die Richtung dieser am Elemente angreifenden Kraft steht senkrecht zu der Ebene, welche Pol und Element aufnimmt. Andererseits kann man für die Wirkung eines Stromelements auf einen Magnetpol eine Kraft setzen, die der so eben erwähnten an absoluter Gröſse gleichkommt, aber den Pol angreift und die gerade entgegengesetzte Richtung hat.

Nach der Ampère'schen Theorie des Magnetismus soll nun ein Magnetpol durch einen Solenoïdpol ersetzt werden können. In der That liefert die Rechnung für die Kraft, welche ein Stromelement sollicitirt, das der Wirkung eines aus dem Endlichen ins Unendliche sich erstreckenden Solenoïds ausgesetzt ist, genau dieselbe Gröſse und Richtung

wie sie das Laplace-Biot'sche Gesetz angiebt, wenn man an die Stelle des im Endlichen gelegenen Solenoïdpoles einen Magnetpol von bestimmter Stärke setzt. Diese Uebereinstimmung hört aber bei der Wirkung eines Stromelementes auf einen Magnetpol auf; denn, da bei der Wirkung eines Elementes und eines Solenoïdes nur Kräfte zur Sprache kommen, die in den Verbindungslinien des Elementes und der einzelnen Elemente der Solenoïdströme thätig sind, so wird die Kraft, welche für die Wirkung eines Stromelementes auf einen Solenoïdpol zu setzen ist, der Kraft, welche das Element sollicitirt, Gleichgewicht halten müssen, wenn Element und Solenoïd starr verbunden sind. Das Solenoïd wird also von dem Elemente so afficirt, als ob das Element keinen Strom enthielte und statt dessen in dem mit dem Solenoïd starr verbunden gedachten Elemente eine Kraft angriffe, welche derjenigen gleich aber entgegengesetzt ist, die für die Wirkung des Solenoïdes auf das Element gesetzt werden kann.

Nach der Laplace'schen Anschauungsweise würden ein Stromelement und ein Magnetpol, starr verbunden, übrigens aber frei gedacht, in Folge der zwischen ihnen thätigen Kräfte um einander zu rotiren beginnen, da sich jene Kräfte dem Obigen zufolge durch ein Gegenpaar ersetzen lassen, dessen Ebene auf der Ebene des Poles und des Elementes senkrecht steht und durch die Verbindungslinie der letzteren geht. Dahingegen würden der Ampère'schen Theorie gemäfs ein Stromelement und ein Magnetpol, starr verbunden und frei gedacht, im Zustande der Ruhe verharren. Letzteres dürfte in besserem Einklange mit den bisher gewonnenen theoretischen Ansichten stehen, die immer mehr zu der ausschliefslichen Annahme solcher Kräfte drängen, die in der Verbindungslinie der Träger der Kräfte wirken. Gleichwohl ist man nicht dazu berechtigt, von vorneherein die Laplace'sche Anschauungsweise als unstatthaft zu bezeichnen; ja, weil diese gerade aus den wirklich beobachteten Erscheinungen gewonnen worden ist, so frägt es sich vielmehr, ob auch die Ampère'sche

Theorie zur Erklärung jener Thatsachen ausreiche. Die übrigens zu erwartende Bejahung dieser Frage fanden wir an den Stellen, die wir zu Rathe zogen, nicht scharf bewiesen, wohl aber mitunter implicite ausgesprochen. Diefs der Grund zu den nächst folgenden Mittheilungen.

Man habe einen linearen Leiter L, Fig. 4 Taf. IV, der aus einem absolut festen Theile l_1 und einem freien Theile l_2 besteht. Der Leiter wirke auf den im Endlichen gelegenen Pol P eines unendlich langen Solenoïdes, das mit l_2 in starrer Verbindung steht. Wir bezeichnen die Intensität des Stromes in L durch i, die der Solenoïdströme durch i', die Fläche eines Solenoïdstromes durch σ und die Anzahl der auf die Längeneinheit gehenden Solenoïdströme durch n; endlich legen wir durch P drei aufeinander senkrechte Coordinatenaxen. Ein Element (dx, dy, dz) des Leiters L mit den Coordinaten x, y, z und in der Entfernung r vom Pole wird von letzterem mit einer Kraft sollicitirt, deren Componenten nach den Coordinatenaxen folgende sind:

$$X = \frac{ii'n\sigma}{2} \cdot \frac{ydz - zdy}{r^3}, \quad Y = \frac{ii'n\sigma}{2} \cdot \frac{zdx - xdz}{r^3},$$

$$Z = \frac{ii'n\sigma}{2} \cdot \frac{xdy - ydx}{r^3}.$$

Verlegen wir diese Kraft in den Coordinaten-Anfangspunkt, so erhalten wir hier eine Kraft mit den Componenten X, Y, Z und aufserdem ein Gegenpaar mit den Componenten:

$$\Xi = Z.y - Y.z, \quad H = X.z - Z.x,$$
$$Z = Y.x - X.y$$

Hieraus ergieht sich nun, dafs der Pol P von dem absolut festen Theile l_1 so afficirt wird, als ob an ihm eine Kraft und aufserdem ein Gegenpaar wirkten, deren Componenten sich wie folgt ausdrücken lassen, wenn S_1 eine Summation über den Leiter l_1 andeutet:

$$\text{I.} \quad X_1 = -S_1 X, \quad Y_1 = -S_1 Y, \quad Z_1 = -S_1 Z.$$
$$\text{II.} \quad \Xi_1 = -S_1 \Xi, \quad H_1 = -S_1 H, \quad Z_1 = -S_1 Z.$$

Dieses sind aber die einzigen äufseren Kräfte, welche das

aus dem Leiter l_2 und dem Solenoïde bestehende starre System angreifen; die zwischen l_2 und dem Solenoïde thätigen Kräfte halten sich an dem erwähnten Systeme das Gleichgewicht und können keine Bewegung desselben hervorbringen, die Wirkungen aber, welche die Leiterstücke l_1 und l_2 aufeinander ausüben, lassen wir überhaupt außer Acht, da sie für unsere Frage nicht von Belang sind.

Wir lassen jetzt an die Stelle des Solenoïdpoles einen Magnetpol M treten, dessen Stärke $\frac{i'n\sigma}{2}$ ist, und den wir ebenfalls mit l_2 starr verbinden. Auf das aus dem Pole und dem freien Leiterstücke bestehende starre System wirken alsdann, wenn wir jetzt die Laplace-Biot'sche Anschauungsweise adoptiren, erstlich Kräfte, die den Pol angreifen und von dem festen Leiter l_1 herrühren, und zweitens die zwischen dem Pole und den einzelnen Elementen von l_2 thätigen Gegenpaare. Nun hat man aber, eben der Laplace'schen Formel gemäfs, für die Kraft, welche auf den Pol M von dem im Punkte (x, y, z) gelegenen Elemente mit den Componenten dx, dy, dz her wirkt:

$$X' = -\frac{ii'n\sigma}{2}\frac{ydz - zdy}{r^3}, \qquad Y' = -\frac{ii'n\sigma}{2}\frac{zdx - xdz}{r^3},$$

$$Z' = -\frac{ii'n\sigma}{2}\frac{xdy - ydx}{r^3}.$$

Und für das zwischen dem Elemente und dem Pole thätige Gegenpaar ergeben sich die Componenten:

$$\Xi' = (-Z')y - (-Y')z, \quad H' = (-X')z - (-Z')x,$$

$$Z' = (-Y')x - (-X')y.$$

Hiernach hat die vom festen Leiter l_1 herrührende am Pole wirkende Kraft die Componenten:

$$\text{III.} \quad X_2 = S_1 X', \quad Y_2 = S_1 Y', \quad Z_2 = S_1 Z',$$

wo S_1 wiederum eine Summation über den Leiter l_1 anzeigt. Aufserdem sind folgendes die Componenten des am Systeme (M, l_2) thätigen Gegenpaares, welches aus allen zwischen dem Pole und den einzelnen Elementen von l_2 wirkenden Gegenpaaren resultirt:

IV. $\Xi_2 = S_2 \Xi'$, $H_2 = S_2 H'$, $Z_2 = S_2 Z'$;
hier deutet S_2 eine Summation über den Leiter l_2 an.

Die Vergleichung der unter I und III stehenden Ausdrücke liefert nun erstlich sofort:

$$1)\ X_1 = X_2,\quad Y_1 = Y_2,\quad Z_1 = Z_2.$$

Was ferner die Gegenpaare betrifft, so hat man:

$$\Xi_1 = -\frac{ii'n\sigma}{2}\int_{g_1}^{g_2} \frac{(xdy - ydx)y - (zdx - xdz)z}{r^3},$$

wo $\int_{g_1}^{g_2}$ eine Summation andeutet, bei der man in der Richtung des Stromes in L von der einen Gränze g_1 von l_1 auf diesem Theile zur zweiten Gränze g_2 fortschreitet. Für das obige Integral kann, da man

$$x^2 + y^2 + z^2 = r^2$$

hat, gesetzt werden:

$$\int_{g_1}^{g_2} \frac{xdr - rdx}{r^3} = \int_{g_1}^{g_2} d\left(\frac{x}{r}\right) = \left(\frac{x}{r}\right)_{g_1}^{g_2},$$

wo der letzte Ausdruck eine Differenz bedeutet, deren Minuend der Werth ist, welchen der Quotient $\frac{x}{r}$ an der Gränze g_2 annimmt, während der Subtrahend der Werth desselben Quotienten an der anderen Gränze g_1 ist. Wir haben somit:

$$\Xi_1 = -\frac{ii'n\sigma}{2}\left(\frac{x}{r}\right)_{g_1}^{g_2}.$$

Auf analoge Weise findet man:

$$\Xi_2 = \frac{ii'n\sigma}{2}\left(\frac{x}{r}\right)_{g_2}^{g_1}.$$

Man hat also, da für die übrigen Paare von Componenten Analoges wie für die betrachteten gilt:

$$2)\ \Xi_1 = \Xi_2,\quad H_1 = H_2,\quad Z_1 = Z_2.$$

Aus den Gleichungen 1 und 2 folgt nun, dafs hier wirklich der Magnetpol M durch den Solenoïdpol P und um-

gekehrt ersetzt werden könne; dafs die Laplace'sche Anschauungsweise und die Ampère'sche Theorie zu demselben Resultate führen. Und diefs gilt nicht blofs bei einem Arrangement wie wir es oben unterstellt haben, wo nämlich der Pol mit einem freien Theile des Leiters starr verbunden ist, sondern es gilt auch, wenn die Bewegung des letzteren Systemes nicht ganz frei ist. Die Uebereinstimmung beider Theorien im Endresultate hört auch nicht auf, wenn der Pol mit dem auf ihn einwirkenden geschlossenen Strome starr verbunden ist, sowie in dem Falle wo der Pol in gar keiner Verbindung mit dem Strome steht. Der eine und andere dieser Fälle ergiebt sich aus unseren allgemeineren Annahmen, wenn wir die Gränzen g_1 und g_2 einmal auf l_1, dann auf l_2 einander näher rücken und endlich zusammenfallen lassen. Es bestehen ferner, wie man leicht einsieht, die obigen Resultate auch noch in dem allgemeineren Falle, wo — um uns mit Neumann auszudrücken — bei g_1, oder bei g_2, oder bei g_1 und g_2 Gleitstellen sind, sie bestehen auch dann noch, wenn sich die Gestalt der Leiter ändert, wenn an die Stelle eines einzigen Poles mehre gleichnamige oder ungleichnamige Pole von beliebiger Stärke treten u. s. f.

Eine Anordnung mit Gleitstellen bietet unter anderen der bekannte von Faraday angegebene Apparat zur Demonstration der Rotation eines Poles um einen Leiter dar. Bei diesem Apparate sind die vier in Anwendung kommenden Pole in starrer Verbindung mit einem Leiterstücke, dem blofs eine Rotation um eine verticale Axe gestattet ist; dieses Stück entspricht unserem der Allgemeinheit wegen ganz frei gedachten Stücke l_2. Ein horizontaler Arm des erwähnten Leiters taucht mit der abwärts gebogenen Platinspitze in die horizontale Quecksilberrinne, in welcher aufserdem der eine Polardraht der Säule endet; der zweite Polardraht läuft in einem Zapfenlager des drehbaren Leiterstückes aus. Die beiden Polardrähte mit der Säule und dem in dem jedesmaligen Momente durchflossenen Theile der Quecksilberrinne bilden einen festen Leiter, der unserem

Leiterstücke l_1 entspricht. Da aber, wo der horizontale Arm des drehbaren Leiterstückes in das Quecksilber taucht, ist eine Gleitstelle.

Im Anschlufs an das Vorhergehende sey uns gestattet die folgende Ansicht über das gegenseitige Verhältnifs der Methoden zu äufsern, welche Neumann [1]) und Plücker [2]) zur Ableitung der magneto-elektrischen Induction in Anwendung gebracht haben. Plücker legt seiner Ableitung die Laplace'sche Anschauungsweise zu Grunde, Neumann, im Anschlusse an die Theorie der Volta-Induction, die Ampère'sche Theorie; beide schliefsen weiter durch Anwendung des Reciprocitäts-Principes. Wie wir aber gezeigt haben, liefern beide Prämissen gleiche Ausdrücke für die Gesammtwirkung, welche ein geschlossener linearer Leiter, von der Einheit des Stromes durchflossen gedacht, auf ein System ausübt, das einen Pol oder auch mehrere gleichnamige oder ungleichnamige Pole enthält, mag nun dieses System Theile des Leiters enthalten oder nicht. Es werden deshalb auch beide Theorien nothwendig für den inducirten Differentialstrom und folglich auch für den in die Beobachtung fallenden Integralstrom dieselbe Intensität ergeben müssen. Da aber nach beiden Theorien ein und dasselbe Leiterstück nicht immer eine gleiche Rolle bei der Action auf einen Pol spielt, so wird auch die eine Theorie den Sitz der elektromotorischen Kraft anderswohin verlegen als die andere. Den Beobachtungen über die durch einen Magneten inducirte statische Elektricität wird man daher nur die Entscheidung abfragen können, ob Ampère's Hypothese über das Wesen des Magnetismus richtig und folglich die Laplace'sche Ansicht über die Wirkung des Elementes und Poles nichts weiter als ein Hülfsmittel sey, um eine beschränkte Gruppe von Erscheinungen mit einem Bande zu umschlingen, oder ob vielmehr die Ampère'sche Theorie zu dieser formellen Rolle herabsteigen mufs und

1) Abhandlungen der Berliner Akademie, 1845.

2) Ueber die Reciprocität der elektromagnetischen und magneto-elektrischen Erscheinungen. Diese Ann. Bd. LXXXVII.

in der Laplace'schen Theorie der Ausdruck der Wahrheit erblickt werden müsse.

Unsere oben ausgesprochene Ansicht wollen wir jetzt an einem besonderen Beispiele, der so interessanten *unipolaren Induction* weiter begründen, indem wir dabei stufenweise von fingirten Verhältnissen zu den im Versuche wirklich vorliegenden fortschreiten.

Senkrecht zu der leitenden Axe eines mit bloſsen Polpunkten, *u* und *o*, Fig. 5 Taf IV, versehenen Magneten, seyen zwei geradlinige Leiterstücke von den Längen R und R' befestigt, die mit ihren Enden g, g' an die Enden eines festen linearen Leiters L stoſsen. Der lineare Leiter $gaa'g'$, von den Armen R und R' und dem Axenstücke aa' gebildet, sey starr verbunden mit dem Magneten uo und lasse sich mit diesem nur drehend um die Axe ua bewegen. Sendet man nun durch das System $gaa'g'L$ einen Strom, so beginnt der Magnet mit dem Leiter $gaa'g'$ zu rotiren. Diese Bewegung wird der Laplace'schen Anschauungsweise gemäſs lediglich durch die Gegenpaare bedingt, die zwischen je einem Pole und den Elementen des beweglichen Leiterstückes thätig sind, und zwar kommen, da die Bewegung nur in einer Rotation um die Axe ou bestehen kann, bloſs diejenigen Componenten jener Gegenpaare in Betracht, deren Axe mit ou zusammenfällt. Es setzen sich aber, wie die Anwendung der oben angegebenen Formeln ergiebt, diese Componenten zusammen zu dem Gegenpaare:

$$Z = C\left[\left(\frac{oa}{og} - \frac{oa'}{og'}\right) - \left(\frac{ua}{ug} - \frac{ua'}{ug'}\right)\right].$$

Der Coëfficient C ist das Product aus der Stromintensität und der Stärke eines Poles. Unterstellen wir nun umgekehrt, der Magnet werde durch äuſsere Kräfte in Rotation versetzt, so daſs die Arme R, R' während der sehr kurzen Zeit dt den sehr kleinen Winkel $d\theta$ beschreiben und dabei mit ihren Enden an den Enden des Leiters L schleifen, so wird in dem Leiter $gaa'g'L$ ein Strom inducirt. Der Laplace'schen Anschauungsweise gemäſs ist der Sitz der

elektromotorischen Kraft in dem bewegten Leiter, und ihre Gröfse kommt der Summe der in den einzelnen Elementen von $gaa'g'$ durch die Pole erregten Kräfte gleich. Das Reciprocitäts-Princip drückt die in dem Elemente e erzeugte Kraft dem Obigen zufolge aus durch:

$$r \cdot d\theta \cdot e \cdot C'\left(\frac{\sin\varphi}{eo^2} - \frac{\sin\psi}{eu^2}\right).$$

Hier bedeutet r die Entfernung des Elementes e von der Rotationsaxe, φ und ψ sind die Winkel zwischen der Richtung des Elementes und den Geraden eo und eu, die das Element mit den Polen verbinden, C' endlich ist das Product aus der Stärke eines Poles und der sogenannten Inductionsconstante. Mit Rücksicht auf das Frühere ergiebt sich nun leicht für die Summe der in den Elementen von $gaa'g'$ hervorgerufenen elektromotorischen Kräfte der Ausdruck:

$$d\theta \cdot C'\left[\left(\frac{oa}{og} - \frac{oa'}{og'}\right) - \left(\frac{ua}{ug} - \frac{ua'}{ug'}\right)\right].$$

Dividirt man den Ausdruck durch den Gesammtwiderstand in dem Leiter $gaa'g'L$, so erhält man die Intensität des Differentialstromes. Diefs Ergebnifs fällt mit demjenigen zusammen, welches die Neumann'sche Theorie für unseren fictiven Fall ergiebt; man vergleiche zu dem Ende die oben citirten akad. Abhandl. S. 86.

Schreiten wir jetzt zu dem Falle fort, wo die beiden Punktpole v, w des Magneten um ein Gewisses ϱ von der Rotationsaxe entfernt liegen. Die rotirende Bewegung des aus den Polen und dem Leiter $gaa'g'$ bestehenden Systemes läfst sich als zusammengesetzt denken aus einer translatorischen (fortschreitenden) und einer neuen drehenden Bewegung. Die translatorische Bewegung, bei welcher drei in jenem Systeme gedachte nicht parallele Axen ihre Richtung nicht ändern, besteht in einer Verschiebung nach der Richtung und von der Gröfse des von einem Pole wirklich beschriebenen Elementes $\varrho \cdot d\theta$. Die drehende Bewegung besteht in einer Rotation des Systemes um die mit der wirklichen Rotationsaxe uo parallele Gerade vw,

bei welcher Rotation in der Zeit dt der Winkel $d\theta$ beschrieben wird.

Die translatorische Bewegung erzeugt in dem Leiter $g\,a\,a'\,g'$, mag man die Laplace'sche Anschauungsweise oder Ampère'sche Theorie adoptiren, *keine* elektromotorische Kraft, wohl aber ruft sie, und zwar nach beiden Theorien, dieselbe Scheidungskraft in dem Leiter L hervor. Nach beiden Theorien nämlich ist bei der Einwirkung eines Leiterstückes auf einen Pol diejenige Kraft, welche dem Pole eine fortschreitende Bewegung mitzutheilen strebt, ein und dieselbe; zu dieser Kraft tritt in der Ampère'schen Theorie aber auch noch ein Gegenpaar hinzu, welches den Pol zu drehen strebt. Aus diesem Verhältnisse folgt wegen der Reciprocität die Richtigkeit unserer eben aufgestellten Behauptung. Die in dem Leiter L durch die translatorische Bewegung hervorgerufene elektromotorische Kraft werden wir hier, wo es sich nur um eine Vergleichung beider Theorien handelt, nicht weiter berücksichtigen. Aufserdem tritt dieselbe gegen die übrigen elektromotorischen Kräfte in den Hintergrund, zumal wenn die Entfernung der Pole von der Axe nur gering ist. Man bemerke auch noch, dafs, weil ein Polpunkt bei jeder Rotation eine geschlossene Curve beschreibt, derjenige Theil des Integralstromes, welcher von der translatorischen Bewegung herrührt, verschwindet, so oft die Zeit des Integralstromes ein Multiplum der Rotationsdauer geworden ist.

Was nun aber zweitens die rotirende Componente der wirklich stattfindenden Rotation, d. h. also die mit der Winkelgeschwindigkeit $\frac{d\theta}{dt}$ um vw stattfindende Umwälzung betrifft, so bewirkt dieselbe, wenn wir mit Plücker die Laplace'sche Formel zu Grunde legen, in dem festen Leiter L *keine* Scheidung der Elektricitäten, dahingegen in $g\,a\,a'\,g'$, und es drückt sich die Energie der letzteren aus durch:

$$d\theta \,.\, C'\left[\left(\frac{w\alpha}{wg} - \frac{w\alpha'}{wg'}\right) - \left(\frac{v\alpha}{vg} - \frac{v\alpha'}{vg'}\right)\right],$$

wenn wir unterstellen, dafs zwei durch die Arme R und R' senkrecht zu uo gelegte Ebenen von vw in den Punkten α und α' getroffen werden. Adoptiren wir aber mit Neumann die Ampère'sche Theorie des Magnetismus, d. h. ersetzen wir die Magnetpole durch Solenoïdpole, so müssen wir annehmen, durch die Rotation werde in dem bewegten Leiter keine elektromotorische Kraft erzeugt, dahingegen in dem Leiter L, und die Gröfse der hier erzeugten Kraft wird durch den eben gefundenen Ausdruck dargestellt.

Um uns der Wirklichkeit weiter noch zu näheren, unterstellen wir, der Magnet bestehe aus verschiedenen, beliebig vielen Paaren von gleich starken ungleichnamigen Polen; die Verbindungslinie von je zwei zu einander gehörigen Polen sey der Rotationsaxe parallel, und alle Pole gleicher Benennung sollen über oder alle sollen unter den correspondirenden Polen der anderen Benennung liegen. Beiden zu vergleichenden Theorien gemäfs wird alsdann durch die translatorische Bewegung der Pole in L eine gewisse Scheidungskraft erzeugt, die wir nicht weiter zu betrachten haben; auch ergiebt sich für die übrige Kraft, deren Sitz aber einmal in $gaa'g'$, das anderemal in L zu suchen ist, derselbe Ausdruck; dieser ist, wenn die Gröfse, welche in der zuletzt aufgeführten Formel durch Klammern eingeschlossen ist, durch A bezeichnet wird. und wenn S eine Summation über alle Polpaare andeutet:

$$d\theta \,.\, SC'A.$$

An die Stelle des linearen Leiters aa' werde jetzt ein solider leitender Kreiscylinder gesetzt, dessen Axe in die Rotationsaxe des Magneten fällt, und an die Stelle der Arme R und R' mögen leitende zur Axe uv senkrechte, und mit ihr centrirte Kreisscheiben mit den Radien R und R' treten, an deren Rändern die Enden g und g' des linearen Leiters L schleifen. Unter diesen Verhältnissen haben wir es bei eintretender Rotation nicht mehr mit linearer Induction, sondern mit der Induction von Strömen in Körpern zu thun. Um diesen Fall direct zu erörtern, müfsten

wir somit vorerst die Principien für diese Art von Induction aufstellen. Statt dessen können wir auch in folgender Art uns davon überzeugen, dafs die Theorien, die wir vergleichen, auch in diesem verwickelteren Falle nothwendig dieselbe Intensität des Differentialstromes liefern müssen. Wir zeigen zuerst, dafs, wenn man für den in dem leitenden Körper vor sich gehenden elektrischen Fluxus dieselben Strömungslinien zu Grunde legt, sich nach beiden Theorien für den inducirten Strom, welcher den Leiter L durchfliefst, dieselbe Intensität folgert. Später schliefsen wir aus dem unzweifelhaften Erfolge einer Umkehrung des Versuches, dafs man wirklich von dem Standpunkte der einen wie der anderen Theorie aus für den erwähnten Fluxus dieselben Strömungscurven annehmen mufs.

Die Strömungscurven des elektrischen Fluxus, welchen der rotirende Leiter der einen oder anderen Theorie gemäfs zu einer bestimmten Zeit aufweist, werden — den allgemeinsten Fall zu unterstellen — aus einer Gruppe von in sich geschlossenen Linien und aus einer Gruppe von Linien bestehen, die an der einen Gleitstelle ihren Anfang nehmen, an der andern auslaufen. Man denke sich nun ein System unendlich dünner, linearer Leiter, die nach den erwähnten Strömungslinien verlaufen und von solcher Dicke sind, dafs ihr Complex das Volumen des körperlichen Leiters ausfüllt, und die in jedem Punkte dieselbe Natur wie jener aufweisen. Offenbar wird, welche der Theorien auch adoptirt werde, in dem betrachteten Zeitmomente die Sache sich genau so verhalten, als ob dieser Leitercomplex an der Stelle des körperlichen Leiters wäre; diefs folgt aus dem Begriffe der Strömungscurven. Für denselben Leitercomplex ergiebt sich nun wiederum beiden Theorien zufolge für die Intensität des in L fliefsenden Stromes derselbe Werth. Keine der Theorien liefert nämlich für einen Leiter, welcher nach einer Curve aus der vorhin zuerst erwähnten Gruppe verläuft, einen Strom. Dahingegen verlegt die Plücker'sche Anschauungsweise

in jeden der übrigen Leiter eine elektromotorische Kraft, und wiederum keine in den Leiter L, während in letzterem allein nach der Neumann'schen Theorie eine Scheidungskraft entwickelt wird. Trotz dieser Verschiedenheit findet man doch wieder nach beiden in dem äufseren Leiter L dieselbe Stromintensität. Man habe nämlich einen Complex von Leitern l_1, l_2 etc., die von demselben Punkte A ausgehen und in demselben Punkte B endigen, und verbinde aufserdem die Punkte A und B durch einen weiteren linearen Leiter L. Wenn man dann entweder in L eine elektromotorische Kraft E anbringt, oder wenn man statt dessen in jedem einzelnen der Leiter dieselbe Kraft E anbringt, so fliefst in beiden Fällen durch L ein Strom, dessen Intensität sich nach den Gesetzen über Stromverzweigung ausdrückt durch:

$$\frac{E}{\varLambda} \cdot \frac{s}{S}.$$

Hier ist, unter λ_1, λ_2 etc. die reducirten Längen der Leiter l und unter $\varLambda$ die von L verstanden, gesetzt:

$$s = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \dots$$

$$S = \frac{1}{\varLambda} + s = \frac{1}{\varLambda} + \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \dots$$

Wenden wir diese Bemerkung auf unseren Fall an — wo auch in jedem Leiter dieselbe Scheidungskraft entwickelt wird, da solche nach dem Früheren sich nur durch die Lage der Endpunkte des einzelnen Leiters bestimmt und letztere immer dieselben sind — so ergiebt sich nach beiden Theorien für die Intensität des Differentialstromes, welcher den Leiter L durchfliefst:

$$\frac{d\theta}{\varLambda} \cdot \frac{s}{S} S C' A.$$

Es erübrigt, die Strömungscurven selbst zu besprechen. Um über dieselben Aufschlufs zu erhalten, ohne zu der Induction in körperlichen Leitern überzugehen, übertragen wir die Rotation von dem Magneten auf den Leiter L, d. h. wir lassen den Magneten ruhen, dahingegen den Leiter L

mit derselben Winkelgeschwindigkeit, aber in entgegengesetztem Sinne wie vorher den Magneten um die Axe des letzteren rotiren. Der bewegte Leiter wird alsdann nach beiden zu vergleichenden Theorien der Sitz ein und derselben elektromotorischen Kraft, welche sich ausdrückt durch

$$d\theta . SC'A,$$

d. h. ebenso wie die Kraft, welche vorher bei einer Rotation des Magneten entweder in je einem der fingirten Leiter oder aber in L erzeugt wurde. Hieraus mufs ohne Weiteres der Schlufs gezogen werden, dafs in unserem Falle bei der Rotation des Leiters L nach beiden Theorien der inducirte Strom sich in gleicher Weise im Inneren des ruhenden körperlichen Leiters verzweigt. Ferner aber ist diese Verzweigung bei Zugrundelegung der Ampère'schen Theorie stets dieselbe, mag nun der Magnet rotiren und der Leiter L ruhen, oder mag umgekehrt der Magnet in Ruhe verharren und L um denselben sich drehen; denn stets ist letzterer der Sitz ein und derselben elektromotorischen Kraft. Man kann nicht umhin auch bei Zugrundelegung der Laplace'schen Anschauungsweise aus der Reciprocität die Folgerung zu ziehen, dafs die Strömungslinien in dem mit dem Magneten starr verbundenen Leiter dieselben sind, es rotire nun der Magnet und ruhe der Leiter L oder es rotire der Leiter um den ruhenden Magneten. Da aber in dem letzteren Falle, wie bereits bemerkt, jene Strömungslinien dieselben sind für jede der beiden Theorien, so werden sie es überhaupt immer seyn. Die Strömungslinien in dem mit dem Magneten starr verbundenen körperlichen Leiter sind nach beiden Theorien sowohl bei einer Rotation des Magneten, als auch bei einer Rotation des Leiters L dieselben wie die, nach welchen sich ein Strom, der an der einen Gleitstelle eintritt, an der anderen heraustritt, verzweigt. Aus diesem Ergebnifs in Verbindung mit dem Früheren erschliefst sich die Identität der von beiden Theorien gelieferten Differentialströme.

Wenngleich sich die dem Obigen zu Grunde gelegten

Verhältnisse wirklich herstellen lassen, so fallen dieselben dennoch nicht ganz mit dem gewöhnlichen Arrangement bei den Versuchen über unipolare Induction zusammen. Wir erhalten dieses aber, wenn wir die Polpaare in die Masse des körperlichen Leiters selbst verlegen, und uns unter dieser Masse die eines permanenten Stahlmagneten denken — eine Modification, die keine wesentliche Aenderung in unseren Resultaten bedingt. Zum Ueberflusse sey noch bemerkt, dafs wir, wie diefs in beiden Theorien geschehen mufs und auch factisch ist, die Rotationsgeschwindigkeit als klein gegen die Geschwindigkeit der Elektricität angesehen haben.

Schliefslich mag noch die Frage erörtert werden, wie gerade bei der unipolaren Induction durch Beobachtung der inducirten statischen Elektricität ein Aufschlufs über die Richtigkeit der einen oder anderen Theorie erzielt werden könne. Ist die Laplace'sche Ansicht über die Wechselwirkung eines Stromelementes und eines Magnetpoles mehr als ein formelles Hülfsmittel, mufs man also auch mit Plücker den Sitz der elektromotorischen Kraft in dem rotirenden Magneten suchen, so mufs letzterer, wenn keine äufsere Ableitung dargeboten wird, während der Rotation an verschiedenen Stellen die beiden Elektricitäten im Zustande der Spannung aufweisen. Hat der Magnet die Stabform, so mufs die eine Elektricität an den Enden, die andere in der Mitte zum Vorschein kommen. Nähert man dem Magneten die Enden eines festen Leiters, so darf letzterer nur die Elektricitäten zeigen, welche der soeben erwähnte elektrische Zustand des Magneten durch Influenz hervorruft, und aufserdem die Elektricitäten, welche durch die der früher erwähnten translatorischen Bewegung entsprechende elektromotorische Kraft geschieden werden. Und die Quantität der auf diesen beiden Wegen erzeugten Elektricität mufs gegen die des Magneten in den Hintergrund treten.

Wenn hingegen, wie Ampère es will, der Magnetismus wirklich in dem Vorhandenseyn von Elementarströmen

besteht, so mufs mit Neumann der Sitz der elektromotorischen Kraft bei der unipolaren Induction in dem äufseren Leiter gesucht werden; es darf daher ein um seine Axe rotirender Magnet keine Spannungselektricität zeigen, wohl aber müssen an den Enden eines Leiters, wenn solche verschiedenen Stellen des rotirenden Magneten genähert werden — z. B. das eine der Mitte, das andere einem Pole — die entgegengesetzten Elektricitäten im Zustande der Spannung auftreten. Unsere Kenntnisse über das Wesen der Elektricität, des Magnetismus würden zweifelsohne um Wesentliches gefördert werden, wenn es gelänge, die hier berührten Spannungserscheinungen zu bestimmen.

Wir haben in unseren Mittheilungen die Richtung der zur Sprache gekommenen elektrischen Strömungen und die Art der elektrischen Spannungen nicht verfolgt; es bedarf wohl keiner Entschuldigung. Dieser Punkt war für uns aus dem Grunde von keinem Belange, weil die beiden Theorien, über deren gegenseitiges Verhalten wir unsere Ansicht ausgesprochen haben, in Betreff desselben keine Verschiedenheit zeigen.

II. *Vertheilung der Elektricität eines ellipsoïdischen Conductors durch den Einflufs einer entfernten elektrischen Masse; von* **Beer** *in Bonn.*

Die Halbaxen des ellipsoïdischen Conductors seyen a, b, c. Die elektrische Masse M liege in der Richtung V unendlich weit von dem Conductor entfernt; auf die mit Elektricität von der Dichte 1 gefüllte Volumeneinheit übe sie eine Kraft aus, die gleich $\varkappa . M$ ist. Endlich sey $k . vv'$ die Kraft, mit der sich zwei unendlich kleine Volumina v, v', mit Elektricität von der Dichte 1 gefüllt und um die Linieneinheit von einander entfernt, anziehen oder absto-

stofsen. Diefs unterstellt, findet man die Vertheilung der Elektricität auf dem Conductor wie folgt.

Man construire ein Hülfsellipsoïd E', dessen Axen $2A$, $2B$, $2C$ mit den Axen $2a$, $2b$, $2c$ des Conductors zusammenfallen; dabei gebe man der Halbaxe A eine solche Länge, dafs:

$$A^2 = \frac{2}{a^2}\int_0^\pi d\theta \int_0^\pi dv \, \frac{\frac{\sin\theta^2}{\varrho^2} - \frac{\cos\theta^2}{a^2}}{\left[\frac{\sin\theta^2}{\varrho^2} + \frac{\cos\theta^2}{a^2}\right]^2} \sin\theta,$$

wo

$$\frac{1}{\varrho^2} = \frac{\cos v^2}{b^2} + \frac{\sin v^2}{c^2}.$$

Und dem entsprechend bestimme man B und C, indem man einmal a mit b, und dann a mit c vertauscht.

In dem Hülfsellipsoïde E' ziehe man den Radius r nach der Richtung V und lege in dessen Endpunkte an jenes eine Tangentialebene; das aus den Mittelpunkte auf letztere herabgelassene Perpendikel habe die Länge p und die Richtung V'. Man verschiebe das Ellipsoïd E in der zuletzt erwähnten Richtung V' um das unendlich kleine Stück $\frac{1}{pr}.\sigma$ in die neue Lage E_1. Die beiden Ellipsoïde E und E_1 begränzen zwei unendlich dünne Schalen, die mit ihren scharfen Rändern in der Durchschnittslinie von E und E_1 aneinanderstofsen. Die eine Schale liegt der elektrischen Masse zugekehrt und befindet sich aufserhalb von E und innerhalb von E_1; die zweite Schale, welche von der elektrischen Masse abgekehrt ist, liegt aufserhalb von E_1 und innerhalb von E. Man fülle nun endlich die erste Schale mit der der Masse M entgegengesetzten Elektricität von der Dichte $\frac{\varkappa}{k}.\frac{M}{\sigma}$ aus, die zweite Schale mit Elektricität von derselben Dichte aber entgegengesetzter Natur. So befindet sich über jedem Flächenelemente des Conductors die Quantität von Elektricität, wie sie von M hervorgerufen wird.

III. *Bemerkungen über Volta'sche Polarisation, Zersetzungskraft und Uebergangswiderstand; von W. Beetz.*

Die Intensitätsabnahme, welche ein Strom erfährt, wenn in seinem Kreise eine Elektrolyse stattfindet, ist bekanntlich bald einer Verkleinerung des Zählers, bald einer Vergröfserung des Nenners desjenigen Ausdrucks, welcher die Intensität darstellt, zugeschrieben worden. Nachdem Fechner's [1]) mühsame Versuche das Vorhandenseyn des Uebergangswiderstandes, des Summandus im Nenner, dargethan hatten, zeigte Ohm [2]), dafs diesen Versuchen nicht widersprochen werde, wenn man den Grund der Stromschwächung in einer Gegenspannung, deren Vorhandenseyn durch die Ritter'sche Ladungssäule ja längst bekannt war, einem Subtrahendus im Zähler, suchte. Um der Formel eine solche Umgestaltung zu geben, mufste indefs angenommen werden, die Gegenspannung (Ladung, Polarisation) sey der Intensität proportional, weil sich dann $J=\frac{E-Jp}{w}$ in $\frac{E}{w+p}$ verwandelt: Vorsselman de Heer [3]), der diese Vorstellungsweise ebenfalls angenommen hat, hält dieselbe besonders deshalb für richtig, weil man dadurch die Hypothesen, welche Fechner für die Veränderlichkeit des Uebergangswiderstandes hat machen müssen, und die man sich für einen Widerstand schwer vorstellen kann, sehr gut aber für eine entgegenwirkende elektromotorische Kraft, umgehe. Wenn nun aber Ohm's [4]) sorgfältige Versuche, und später die anderer Physiker gelehrt haben, dafs die Ladung der Stromstärke nicht proportional, sondern für grofse Intensitäten so gut wie constant ist, so müfste ein

1) Maafsbest. S 34, 80, 236. *

2) Schweigg. Journal, Bd. LXIV, S. 149. *

3) *Bull. de Néerl.* 1840, S. 122. *

4) Schweigg. Journ. Bd. LXIV, 143. *

Uebergangswiderstand, der statt der Ladung in die Formel für *J* gesetzt würde, und dabei den Werth derselben nicht ändern sollte, der Stromstärke umgekehrt proportional seyn, und in der That hatte Hr. Poggendorff[1]) bei seinen früheren Versuchen einen solchen Einflufs der Stromstärke auf den Uebergangswiderstand bemerkt. Sollte also nur eine Gegenspannung die Ursache der Stromschwächung seyn, so durfte sie keinenfalls in der von Ohm vermutheten Form eingeführt werden.

Seit Schönbein's[2]) Untersuchungen über die Polarisation, welche Metallplatten bei der Berührung mit Gasen auch aufserhalb des Kreises der Säule annehmen, hat man sich von dem Begriffe eines Uebergangswiderstandes immer mehr entwöhnt, und wenn auch keine Versuche unmittelbar seine Möglichkeit ausschlossen, so wurde doch von fast allen Physikern sein Vorhandenseyn als unwahrscheinlich betrachtet, und die Gegenkraft als ausreichend angesehen, um alle hierher gehörige Erscheinungen zu erklären. Nur wenige hielten aus bestimmten Gründen noch ferner an einem Uebergangswiderstande fest, Andere, wie E. Becquerel[3]), thaten es wohl nur deshalb, weil ihnen von den Versuchen über die Ladung nichts bekannt geworden war.

Im 92. Bande dieser Annalen hat Hr. Holtzmann eine Untersuchung bekannt gemacht, welche sich an seine in einer früheren Arbeit[4]) ausgesprochene Vorstellungsweise anschliefst. Er glaubt nämlich, dafs aufser der Gegenspannung, welche durch Veränderung der Metalloberflächen eintritt, noch ein Verlust an elektromotorischer Kraft dafür aufgezehrt werden müsse, dafs der Strom in der Kette eine Arbeit thue, d. h. dafs er die Elemente des

1) Diese Ann. Bd. LII, S. 497.*

2) Diese Ann. Bd. XLVI, S. 109*, Bd. XLVII, S. 101*, Bd. LVI, S. 135.*

3) *Ann. de chim. et de phys.* (3) *XVII*, 267*; Diese Ann. Bd. LXX, S. 250.*

4) Diese Ann. Bd. XCI, S. 263.*

Elektrolyten von einander trenne. Dafs die bei der Elektrolyse gethane Arbeit sich durch irgend einen aequivalenten Kraftverlust äufsern müsse, ist eine nothwendige Folge des Princips von der Erhaltung der Kraft. Dafs aber aufser dieser für die Zersetzung aufgezehrten Kraft eine andere durch Oberflächenveränderung verbraucht werden soll, scheint mir nicht nur eine überflüssige, sondern eine, jenem Principe durchaus widersprechende Hypothese. Der gesammte Kraftverlust müfste ja mehr als aequivalent der gethanen Arbeit seyn. Nach dem Grundsatze der Gegenseitigkeit ist keine Vorstellung so einfach, als die, dafs bei der Zersetzung die sich abscheidenden Ionen gerade so viel Gegenspannung (Polarisation) erzeugen, als bei ihrer Abscheidung Kraft (Spannung) aufgezehrt ist. Dafs diese Vorstellung, welche ich an so vielen Beispielen, als es nur möglich war, durchgeführt habe [1]), etwas Widersinniges oder in den experimentellen Belegen Fehlerhaftes enthalte, sagt Hr. Holtzmann nicht; wenn er derselben daher gar nicht erwähnt, so mufs ich voraussetzen, dafs sie ihm nicht bekannt geworden ist. Jedenfalls ist die von ihm gebrauchte Ausdrucksweise, es entstehe eine elektromotorische Kraft durch die verschiedene Beschaffenheit der Oberfläche der Elektroden und der sie berührenden Flüssigkeit durch den Strom, eine so unbestimmte, dafs sie jede theoretische Betrachtung über den Grund, weshalb diese elektromotorische Kraft gerade diese und keine andere Gröfse habe, von vorn herein ausschliefst. Findet sich aber, dafs die Gröfse der Gegenspannung in denjenigen Fällen, in welchen eine einfache Zerlegung eines Elektrolyten in seine Bestandtheile stattfindet ohne Vorhandenseyn secundärer Veränderungen, gleich ist der elektromotorischen Kraft der abgeschiedenen Ionen, so kann ich durchaus (wenigstens für diese Fälle) keinen Grund finden, die Polarisation in irgend etwas Anderem zu suchen, als in dieser elektromotorischen Kraft. Die Polarisation ist dann also mit der zur Zersetzung nothwendigen Kraft gleich-

1) Diese Ann. Bd. XC, S. 42. *

bedeutend, und nicht zu derselben zu addiren, um den gesammten Kraftverlust der Kette zu finden.

Was nun die Methode betrifft, durch welche Hr. Holtzmann Polarisation und Zersetzungskraft von einander scheiden will, so ist diese eine andere, als die, durch welche Petrina [1]) früher ganz denselben Gedanken auszuführen gestrebt hat, und führt auch zu ganz anderen Resultaten. Petrina ging von derselben Voraussetzung aus, dafs die ursprüngliche Kraft E bei der Elektrolyse um die Gröfse der Ladung p und noch aufserdem um die Zersetzungskraft z verringert werde, so dafs also die Stromstärke die Form $\frac{E-(p+z)}{L}$ annehmen müsse. Da er nun mit Strömen sehr verschiedener Intensität arbeitete, so nahm der Ausdruck $p+z$ verschiedene Werthe an, während er bei Anwendung starker Ströme nahezu constant ausgefallen wäre. Deshalb konnten p und z aus mehreren Gleichungen von obiger Form bestimmt werden. Dabei wurde p veränderlich, z aber behielt nahezu denselben Werth und dieser Werth wurde als ein Maafs der gelösten chemischen Verbindung betrachtet. Die Verhältnisse der gefundenen Zahlen mögen aus einem Beispiele ersichtlich seyn; es wurde in einer Versuchsreihe die Polarisation von Platinelektroden in mit Schwefelsäure angesäuertem Wasser zwischen 5,975 und 2,341 veränderlich der Zersetzungskraft etwa $=33{,}2$ gefunden.

Ganz anders ist es bei Hrn. Holtzmann. Er nimmt den gesammten Kraftverlust $E-E_1$, den man findet, wenn man von der elektromotorischen Kraft eine Säule ohne Einschaltung eines Elektrolyten, die derselben Säule nach dem Eintreten der Gegenspannung subtrahirt, gleich der Summe der Ladung E_2 und der Zersetzungskraft E_3. Da nun die entstandene Gegenspannung nicht den Werth $E_2+E_3=E-E_1$ hat, wenn man sie mittelst einer Wippe durch die Compensationsmethode mifst, so schliefst er, dafs nur die Polarisation E_2, nicht aber die Zersetzungskraft E_3

1) Diese Ann. Bd. LXIV, S. 356.*

hierbei gemessen sey. Unter ähnlichen Umständen, wie die von Petrina benutzten waren, verhalten sich aber bei ihm diese beiden Kräfte zu einander wie 1,24 : 0,58.

In Bezug auf die Arbeit von Petrina hat schon Hr. Poggendorff[1]) sich gegen die Annahme einer Zersetzungskraft, welche nach Aufstellung des primären Stromes nicht in der Gestalt eines secundären auftreten soll, ausgesprochen. Die Gründe, mit welchen er diefs that, passen zum Theil auch auf die Anschauungsweise Holtzmann's, aber nicht so auffallend; bei Petrina würde nämlich fast Nichts von der verloren gegangenen Kraft für den secundären Strom übrig bleiben, und deshalb solche Polarisationsversuche, wie die Elektrolyse von Wasser durch zwei polarisirte Platinplattenpaare unmöglich werden, bei Holtzmann aber wurde immer noch ein bedeutender Antheil zur Bildung des secundären Stromes übrig bleiben. Aber es sprechen noch viele andere Gründe gegen diese besondere Zersetzungskraft. Zunächst die Methode selbst, durch welche die Messungen geschehen. Hr. Holtzmann hat in Hrn. Poggendorff's [2]) Bemerkung, dafs die Compensationsmethode immer etwas kleinere Resultate für die Polarisation gebe, als die gewöhnliche Methode, die einzige experimentelle Bestätigung für seine Ansicht gefunden. Ich [3]) habe mich ebenfalls dieser Mefsmethode für Bestimmung von Polarisationen bedient, aber mich einerseits über deren Unzulänglichkeit für genaue Messungen *dieser* Art, andererseits über ein mechanisches Mittel ausgesprochen, die Messungen möglichst brauchbar zu machen, indem sich die secundäre Kette durch eine Art von Relais so gleichförmig und plötzlich als möglich schlofs. Der Hauptfehler bleibt aber immer der, dafs man die Ladung nicht während ihrer Bildung, sondern nachher mifst, und durchaus nicht Rechenschaft zu geben vermag über die Vorgänge, welche an den Elektrodenflächen während des

1) Diese Ann. Bd. LXIV, S. 356. *
2) Diese Ann. Bd. LXI, S. 611. *
3) Diese Ann. Bd. LXXIX, S. 108. *

Umschlagens der Wippe stattfinden. Deshalb hatte ich meine Angaben auch nur als relativ brauchbar betrachtet, und das, was Hr. Holtzmann Zersetzungskraft nennt, als Fehler der Methode betrachtet. Unsere Versuche selbst stimmen übrigens wohl deshalb nicht ganz miteinander überein, weil ich jenen Fehler durch meinen Schliefsapparat etwas vermindert hatte; ich erhielt bei 20° Temperatur die Polarisation von Platinplatten in verdünnter Schwefelsäure durch eine Zahl ausgedrückt, welche in Holtzmann's Einheit übertragen = 1,48 seyn würde, während er in zwei Versuchen 1,183 und 1,242 fand. Andererseits erhielt er auch in einem Versuch durch die Messung nach der Ohm'schen Methode einen ungemein hohen Polarisationswerth, nämlich 1,82, in einer Einheit, in welcher die Kraft der Daniell'schen Kette etwa = 0,7 ist, während der andere Versuch eine den gewöhnlichen Angaben entsprechende Gröfse, 1,687 lieferte. Diese Unterschiede sind indefs gering und aufserdem ganz gleichgültig, denn es handelt sich hier nur um die Frage: Ob es überhaupt eine Zersetzungskraft gebe, welche zwar in der Gestalt einer verzehrten elektromotorischen Kraft auftritt, aber nicht die Quelle einer secundären elektromotorischen Kraft werden kann? Ist diefs bei *einer* Elektrolyse der Fall, so mufs es auch bei jeder geschehen (natürlich in verschiedener Stärke je nach der Natur der gelösten Verwandtschaft); ist es bei irgend einer Elektrolyse nicht der Fall, so ist diefs ein strenger Beweis, dafs der Mechanismus der Zersetzung keine andere Kraft aufzehrt, als die, welche sich während der Dauer des Stromes als Gegenspannung, als Kraftverlust, nach dessen Aufhebung als Polarisation zeigt. Nach dem, was ich bei früheren Gelegenheiten über die Stärke der Polarisation gesagt habe [1]), suchte ich die Entscheidung über die aufgestellte Frage bei der Zersetzung der Flüssigkeiten, welche in zwei gasartige Bestandtheile gerade aufgehen, oder welche nur an einer Elektrode Gasentwickelung, aber auch nur an dieser Polarisation geben.

1) Diese Ann. Bd XC, S. 42. *

Die Versuche wurden ganz wie früher mit dem erwähnten elektromagnetischen Schliefsapparat angestellt. Als Flüssigkeit wandte ich zweimal reine Salzsäure, und dreimal Bromkaliumlösung und Kupfervitriollösung an, welche einander durch doppelte poröse Thoncylinder berührten, und in deren erste die positive Platinplatte, in die zweite die negative Kupferplatte tauchte. Die Salzsäure befand sich bei den Versuchen in zwei gesonderten Gefäfsen, in deren jedes eine Platinplatte tauchte, und welche durch einen mit Salzsäure gefüllten Heber verbunden waren. Die Einheiten sind dieselben, welche ich in meiner zuletzt angezogenen Abhandlung gebraucht habe.

Platinplatten in Chlorwasserstoffsäure. Polarisation Platin-Chlor + Platin-Wasserstoff.

3 Platinzinkketten . . . . $= 105{,}51$
Widerstand (einschliefslich der Sinusbussole und einer Spirale . . . . $= 34{,}4$

$a = 20, \quad b = 17{,}8$

Pt(Cl) + Pt(H) = 26,0

2 Platinzinkketten . . . . $= 70{,}68$
Widerstand, ohne eingeschaltete Spirale . $= 6{,}7$

$a = 36, \quad b = 25{,}4$

Pt(Cl) + Pt(H) = 26,3
im Mittel = 26,15.

Positive Platinplatte in Bromkaliumlösung, negative Kupferplatte in Kupfervitriollösung, Polarisation Platin-Brom.

1 Platinzinkkette:

$b = 32{,}9$

$\sin \alpha = 0{,}4735$

Pt(Br) + Pt, K Br | Cu V = 15,57
Pt, K Br | Cu V = 8,28 [1])
Pt(Br) = 7,29

1 Platinzinkkette:

$b = 32$

$\sin \alpha = 0{,}4784$

1) Nach meinen früheren Versuchen.

$$\begin{aligned} Pt(Br) + Pt,\ KBr \mid Cu\,V &= 15{,}29 \\ Pt,\ KBr \mid Cu\,V &= \ \ 8{,}28 \\ \hline Pt(Br) &= \ \ 7{,}01. \end{aligned}$$

2 Platinzinkketten . . . . = 68,47

Widerstand . . . . = 5,0

$a = 72, \quad b = 11{,}0$

$$\begin{aligned} Pt(Br) + Pt,\ KBr \mid Cu\,V &= 14{,}47 \\ Pt,\ KBr \mid Cu\,V &= \ \ 8{,}28 \\ \hline Pt(Br) &= \ \ 6{,}29 \\ \text{im Mittel} &= \ \ 6{,}86. \end{aligned}$$

Nun hatte ich früher die Gröfse der Polarisation $Pt_{(Cl)} + Pt_{(H)}$ und der $Pt_{(Br)}$, nach der Ohm'schen Methode bestimmt, nahezu gleich gefunden der elektromotorischen Kraft, welche die betreffenden Stoffe aufserhalb der Kette an Platinplatten ausüben; die jetzt nach der Compensationsmethode gefundenen Werthe stimmen für Brom (im Mittel wenigstens) fast genau, für Chlor und Wasserstoff so nahe, dafs man jedenfalls keinen weiteren Grund für die Abweichungen suchen wird, als die Mangelhaftigkeit der Methode; es ist nämlich

die elektromotorische Kraft.	die Polarisation als Kraftverlust.	die Polarisation nach der Compensationsmethode.
$Pt_{(Cl)} + Pt_{(H)} = 27{,}99$	28,83	26,15
$Pt_{(Br)} = \ 6{,}96$	6,89	6,86.

Es wird also zur Zersetzung keine andere Kraft verbraucht, als die sich zur Bildung des secundären Stromes wiedergewinnen läfst.

Es entsteht nun aber weiter die Frage, woher kommt bei der Zersetzung anderer Flüssigkeiten der Unterschied in den Ergebnissen beider Methoden? Diese durfte bei der ungemeinen Verwickelung der Vorgänge an den Elektroden schwer mit Bestimmtheit zu beantworten seyn. Der Ausdruck »Haltbarkeit der Polarisation«, den ich selbst früher gebraucht habe, bezeichnet wohl eine Thatsache, aber nicht deren Erklärung. Ich glaube mich in Bezug auf die letztere am besten auf das berufen zu können, was

ich in Betreff der grofsen Ueberlegenheit der Polarisation von Platinplatten in verdünnter Schwefelsäure über die elektromotorische Kraft Sauerstoff-Wasserstoff gesagt habe [1]). Allgemeiner ausgedrückt: ich glaube die Unhaltbarkeit der Polarisation der schnellen Veränderung derjenigen Nebenumstände zuschreiben zu müssen, welche die Polarisation über die elektromotorische Kraft der betreffenden Gase erhoben haben, nicht aber einer Schwächung dieser Kraft selbst, wie ich denn an einem anderen Orte [2]) gezeigt habe, dafs die sich verlierende Polarisation in verdünnter Schwefelsäure sich asymptotisch der Kraft Wasserstoff-Sauerstoff nähert. Hierzu mag noch etwas Anderes kommen: Bei allen meinen Versuchen, welche für Polarisation und elektromotorische Kraft gleiche Werthe geben, scheiden sich Ionen ab, welche der Wirkung des Stromes entzogen, sich unmittelbar wieder verbinden können, wie Chlor und Wasserstoff. Wird bei einer Schliefsung, wie sie die Compensationsmethode verlangt, auf eine kurze Zeit die Stromrichtung verkehrt, so wird ein kleiner Theil der abgeschiedenen Stoffe wieder fortgenommen und dadurch der elektromotorischen Kraft kein oder ein sehr geringer Schaden zugefügt; sind dagegen Wasserstoff und Sauerstoff die Ionen, so wird bei einer Stromumkehrung gleich eine bedeutende Schwächung der Polarisation eintreten, weil sich an beiden Elektroden Wasserstoff entwickelt; daher kommt es auch, dafs, wenn man während der Zersetzung von Salzsäure die Stromrichtung umkehrt, aber schnell wieder in die ursprüngliche verwandelt, der Strom fast augenblicklich auf das alte Minimum zurückkehrt, während bei der Zersetzung von verdünnter Schwefelsäure unter ganz gleichen Umständen eine lange Zeit vergeht, bis dasselbe erreicht ist.

Endlich aber drängt sich hier wieder der Gedanke an den fast vergessenen Uebergangswiderstand auf. Bei der Compensationsmethode ist jede Veränderung des Wi-

1) Diese Ann. Bd. XC, S. 62.*

2) Diese Ann. Bd. LXXIX, 106.*

derstandes der zu messenden Kette gleichgültig, bei der Ohm'schen Methode würde er sich zeigen, wenn er vorhanden, aber nicht constant ist. Hr. Helmholtz [1]) sagt darüber: »Dafs ein Uebergangswiderstand existire, folgt nach dem Principe von der Erhaltung der Kraft aus der Thatsache, dafs die Intensitäten dieser (in constanten) Ketten nicht nach dem Ohm'schen Gesetz zu berechnen sind, da doch die chemischen Processe dieselben bleiben.« Wenn es sich um die Polarisation in jenen Elektrolyten handelt, bei denen elektromotorische Kraft der abgeschiedenen Gase und Polarisation gleichen Werth haben, so kann ich mir den Versuchen nach das Vorhandenseyn eines Uebergangswiderstandes nicht mehr denken; dann hätte die Polarisation allein sogar einen kleineren Werth als die elektromotorische Kraft der Gase, und die gefundene Uebereinstimmung müfste eine zufällige seyn. Dieser Fall pafst indefs auch theoretisch betrachtet nicht auf das, was Helmholtz sagt, denn die Kraft solcher Ketten läfst sich durch die Ohm'sche Formel ausdrücken, weil die Polarisation so gut wie unabhängig von der Stromstärke gefunden wurde. Bei absolut reinen Platten würde gewifs auch die kleine Andeutung von Abhängigkeit wegfallen, indem sich jeder Punkt der Platinplatte gleich im Schliefsungsmoment mit einer, wenn auch noch so dünnen Schicht des Ionen bedecken müfste. Für andere Fälle aber läfst sich gegen jenen Grund für das Vorhandenseyn des Uebergangswiderstandes Nichts einwenden, und es kommt bei unseren jetzigen Kenntnissen von den betreffenden Vorgängen nur auf verschiedene Vorstellungsweisen hinaus, ob man einen besonderen Widerstand annehmen will, der durch den blofsen Wechsel der Leiter eintritt, oder ob man diesen Widerstand auf die Vergröfserung beschränkt, welche der Leitungswiderstand des Elektrolyten in unmittelbarer Nähe der Elektroden stetig erfahren *mufs*, wenigstens in vielen Fällen. In diesem Sinne habe ich schon auf die Nothwendigkeit eines Uebergangswiderstandes, oder wie ich

1) Ueber die Erhaltung des Kraft S. 55.

ihn bestimmter nennen will, eines Leitungswiderstandes des Ueberganges, bei der Zersetzung der verdünnten Schwefelsäure hingewiesen [1]); hier tritt eine, wenn auch noch so dünne Schicht völlig concentrirter Schwefelsäure an die Anode, und müfs durch ihren grofsen Leitungswiderstand einen Einflufs auf den Gesammtwiderstand ausüben. Dieser Leitungswiderstand des Uebergangs würde mit der Dauer des Stromes wachsen, also unmittelbar von der augenblicklichen Intensität abhängig seyn, keinenfalls könnte er der Stromstärke umgekehrt proportional seyn. Ob man aufser diesem auch noch den wahren Uebergangswiderstand annehmen müfste, wage ich nicht zu entscheiden; dafs aber überhaupt ein Uebergangswiderstand in dem Unterschiede zwischen den Ergebnissen der beiden Bestimmungsmethoden der Polarisation ausgesprochen ist, scheint mir, bei dem grofsen Betrage dieses Unterschiedes, durchaus nicht unwahrscheinlich.

Nimmt man alle Umstände zusammen, welche bei der Intensitätsveränderung durch die Einschaltung eines Elektrolyten mitwirken können, so sind diefs: im Zähler Polarisationen, entsprechend der elektromotorischen Kraft der Polplatten mit den entwickelten Gasen, den abgeschiedenen Flüssigkeiten (wie bei der Zersetzung von schwefelsaurem Kali), den abgeschiedenen festen Körpern (Metallen, Oxyden etc.); im Nenner, Leitungswiderstände, Leitungswiderstände des Ueberganges, vielleicht Uebergangswiderstände; dazu kommen Veränderungen aller angegebenen Umstände durch die Temperaturveränderungen, die der Strom selbst bedingt, durch die Dichtigkeit des Stromes etc. Man sieht leicht, dafs das Studium der Polarisationserscheinungen ein sehr unerquickliches bleiben mufs, wenn man nicht von denjenigen Fällen ausgeht, bei denen so viele dieses Veränderlichen, als möglich, vermieden sind. Die Messung einer Polarisation in salpetersaurem Kali z. B. lehrt uns für jetzt gar nichts.

1) Diese Ann Bd. XC, S. 65. *

Endlich komme ich noch auf die Schlüsse, welche Hr. Holtzmann aus seinen Beobachtungen in Betreff der Elektrolyse secundärer Verbindungen zieht. Die Möglichkeit einer Zersetzung von einem Aequivalent Wasser in einem Gefäfse, und einem Aequivalent Wasser + einem Aequivalent Salz in dem anderen durch denselben Strom, erklärt er durch seine Zersetzungkraft. Mit ihr mufs also auch diese Erklärung abgeläugnet werden. Soll aber durch den angezogenen Versuch dem Principe von der Erhaltung der Kraft nicht widersprochen werden, so sehe ich keine andere Möglichkeit, als dafs die Kraft, welche in der einen Zelle eine Arbeit thut, in der andern scheinbar nicht, in dieser als Wärme erscheinen mufs. Die bisjetzt bekannt gewordenen Versuche über die Entwickelung von Wärme bei der Elektrolyse sind noch zu dürftig, um irgend einen Beleg oder eine Widerlegung dieser Vorstellungsart beizubringen. Jedenfalls scheint sie mir natürlicher, als die Annahme der überoxydirten Säuren.

IV. *Ueber die Empfindlichkeit der menschlichen Netzhaut für die brechbarsten Strahlen des Sonnenlichts; von H. Helmholtz.*

Ich habe jetzt von Hrn. Oertling in Berlin zwei Prismen von Bergkrystall, jedes 1¼ Zoll hoch, mit einem brechenden Winkel von 50°, dessen Seitenflächen 0,85 Zoll breit sind, empfangen. Die krystallographische Axe ist senkrecht gegen die brechende Kante, und bildet gleiche Winkel mit den Schenkeln des Flächenwinkels von 50 Grad, so dafs, wenn man diesen Winkel als brechenden benutzt, und das Minimum der Ablenkung der Strahlen hervorbringt, die Strahlen parallel der Krystallaxe durch das Prisma gehen, und einfach gebrochen werden. Die dem

Winkel von 50° gegenüberliegende Fläche ist auch polirt, und bildet mit den beiden anderen Seitenflächen des Prisma gleiche Winkel von 65°. Diese beiden letzteren können auch als brechende Winkel des Prisma benutzt werden, brechen aber doppelt. Sie erzeugen zwei Spectren, die sich zum Theile decken. Aufserdem gehört zu dem Apparate eine Convexlinse aus Quarz von 1¼ Zoll Durchmesser und 17 Zoll Brennweite, in welcher die Krystallaxe der optischen Axe parallel ist.

Mit diesen Instrumenten konnte ich das Spectrum des Sonnenlichtes auf fluorescirenden Substanzen, wie Chininpapier, Uranglas und Bernstein, in der von Stokes beschriebenen gröfseren Ausdehnung herstellen, so dafs das überviolette Spectrum jetzt mehr als doppelt so lang war, als ich es sonst durch Glasprismen bekommen hatte. Das elektrische Kohlenlicht, welches überviolette Strahlen von noch viel höherer Brechbarkeit als das Sonnenlicht enthält, habe ich noch nicht Gelegenheit gehabt anzuwenden. Kalk und Magnesia im Sauerstoffgebläse gaben mit dem Quarzapparate ein überviolettes Spectrum, welches etwa nur so lang war, wie das des Sonnenlichts mit Glasprismen entworfen.

Ich gehe jetzt zur Wirkung der überviolетten Strahlen auf das Auge über. Mit Bedauern bemerke ich, dafs ich in meinem Aufsatze »über die Zusammensetzung von Spectralfarben eine Anmerkung [1]) von Stokes übersehen habe, worin er erwähnt, die überviolетten Strahlen bis zur Linie p, also weiter, als es mir bisher durch die Glasapparate gelungen war, gesehen zu haben, und worin er über ihre Farbe angieht, dafs ihnen die Leuchtkraft (*luminousness*) der blauen, und das Röthliche (*ruddiness*) der violetten abgehe, übereinstimmend mit dem was ich gefunden.

Ganz ebenso verhält es sich nun mit den Strahlen, welche nicht durch Glas, wohl aber durch Quarz gehen. Auch diese sind dem Auge sichtbar, und erscheinen in derselben Farbe, wenn sie lichtschwach sind, tief indig-

1) *Phil. Transactions* 1852, *p.* 558, *Note B.* (Ann. Ergänzbd. IV, 339).

blau, wenn lichtstärker, weifslich blau. Mein Verfahren war zuerst dem schon früher beschriebenen ganz ähnlich. Der Spiegel des Heliostaten warf das Licht durch eine gröfsere Oeffnung des Fensterladens in das Zimmer. Es fiel zunächst auf eins der Quarzprismen, so dafs es von diesem einfach gebrochen wurde, dann auf die Quarzlinse. In deren Brennpunkte stand ein Schirm, auf dem das in ein unreines Spectrum verwandelte Bild der Sonnenscheibe entworfen wurde. Der Schirm hatte einen Spalt, den man an eine beliebige Stelle des Spectrum bringen konnte. Das durch diesen Spalt dringende Licht betrachtete ich durch das zweite Quarzprisma. Stand der Spalt in dem übervioletten Theile jenes Spectrums, so sah ich ein schwaches gewöhnliches Spectrum von dem im Prisma und der Linse zerstreuten weifsen Lichte herrührend, und jenseits des violetten Endes einen ovalen blauen Fleck, den das regelmäfsig gebrochene überviolette Licht bildete. Auch konnte ich in diesem, wenn er der Gegend der Linien *l* oder *m* angehörte, einiges von den Liniengruppen erkennen. War aber das Licht mehr von dem Ende des Spectrum entnommen, so war das nicht mehr möglich, weil sich mein Auge für Licht von so hoher Brechbarkeit nicht mehr adaptiren konnte. Für rothes Licht ist die längste Sehweite meines Auges etwa 8 Fufs, für violettes $1\frac{1}{2}$ Fufs, was mit Fraunhofer's Versuchen über die Dispersion des Auges nahe übereinstimmt; für das äufserste überviolette Licht schien sie mir weniger als 5 Zoll zu seyn. In so grofser Nähe vom Spalt liefs sich kein gutes Spectrum mehr bilden.

Um also die Empfindlichkeit des Auges für die einzelnen Theile des übervioletten Spectrum genauer zu untersuchen, mufste ich etwas anders verfahren. Ich verengerte die Oeffnung im Fensterladen, und ersetzte sie durch einen Spalt, der schmal genug war, um auf dem Schirme, wo das Spectrum projicirt war, die Liniensysteme des übervioletten Spectrum mit Hülfe von Chininpapier gut erkennen zu lassen; den Spalt in diesem Schirme machte

ich dagegen etwas breiter, so dafs nun das erste objective Spectrum rein, das subjective unrein wurde. So behielt das durch den Spalt gehende überviolette Licht immer noch Helligkeit genug, um vom Auge empfunden zu werden. Es bildete nun keine begränzte Figur mehr, sondern die bekannte Strahlenfigur, welche die Zerstreuungskreise von weit entfernten Lichtpunkten annehmen. Indem ich auf die vordere Fläche des Schirms Chininpapier brachte, konnte ich die Gegend des Spectrum, welcher das durch den Schirm fallende Licht angehört, sehr gut ermitteln. Das Auge schien dabei für die äufsersten überviolетten Strahlen des Sonnenlichts keinen geringeren Grad von Empfindlichkeit zu haben, als für die der Gegend von *m*. So weit Chininpapier das Vorhandenseyn von Strahlen anzeigte, konnte sie auch das Auge empfinden. Eine Aenderung der Farbe konnte ich in der ganzen Ausdehnung von *l* an bis zum Ende nicht bemerken, aufser, dafs die lichtschwächeren Stellen ein dem Violett ähnlicheres Indigblau zeigten. Alle indigblauen Strahlen werden aber bei geringerer Helligkeit dem Violett ähnlicher. Bei gleicher Lichtstärke schien aber die Farbe der überviolетten Strahlen doch weifslicher zu seyn, als die der gewöhnlichen indigblauen.

Ich warf mir die Frage auf: Sieht die Netzhaut die überviolетten Strahlen unmittelbar, wie sie die anderen Farben des Spectrum sieht? oder fluorescirt sie unter ihrem Einflusse, und ist die blaue Farbe der überviolетten Strahlen Licht von geringerer Brechbarkeit, welches sich in der Netzhaut erst unter dem Einflusse der violetten Strahlen entwickelt?

Zur Entscheidung dieser Frage untersuchte ich, ob die Netzhaut aus dem Auge eines vor 18 Stunden gestorbenen Mannes Fluorescenz zeigte. Die ersten nach den von Stokes angegebenen Methoden vorgenommenen Versuche zeigten, dafs, wenn auch Fluorescenz da seyn sollte, diese äufserst schwach sey. Das zerstreute weifse Licht, welches von dem Prisma und der Linse ausging, machte die wahrgenommenen Spuren von Fluorescenz der Netzhaut zwei-

zweifelhaft. Ich griff also wieder zu der oft gebrauchten Methode, das Licht durch Abblenden der helleren Theile des Spectrum zu reinigen, ordnete die Theile des Apparates aber so, dafs ich das überviolette Licht möglichst reichlich und auf einen kleinen Raum concentrirt erhielt. Ich kann diese Methode für die Untersuchung sehr schwacher Grade von Fluorescenz empfehlen. Sonnenlicht fiel vom Spiegel des Heliostaten durch eine weite Oeffnung auf die Quarzlinse, hinter der im Abstande der halben Brennweite ein Quarzprisma stand. Das Sonnenbild, welches jetzt in der Mitte noch weifs, an einem Rande blau, am andern gelb und roth war, wurde wieder auf einem Schirme mit breitem Spalt entworfen, so dafs der sichtbare violette Rand des Sonnenbildes den Spalt gerade berührte, und nur überviolettes Licht durch diesen fiel. Das durchgegangene Licht fiel in der Entfernung von etwa 4 Fufs auf das zweite Quarzprisma, hinter dem eine Glaslinse von 6 Zoll Brennweite stand. Diese entwarf auf Chininpapier ein sehr schwaches gewöhnliches Spectrum, und jenseits des violetten Endes ein blendend helles blaues Oval, von dem überviolettenLichte herrührend. Diffuses Licht fehlte in der Nachbarschaft des Spectrum ganz und gar. Gewöhnliches weifses Papier, weifse Leinewand, Elfenbein in den Focus der überviolettten Strahlen gehalten, zeigten einen hellen bläulich weifsen Fleck, der, durch ein Prisma angesehen, in Farben zerlegt wurde. Die bläuliche Farbe schien davon herzurühren, dafs ein verhältnifsmäfsig grofser Theil des überviolettten Lichts ohne Aenderung seiner Brechbarkeit zerstreut wurde, und in seiner natürlichen Farbe dem Auge sichtbar blieb. Durch ein Prisma gesehen schied sich dieses überviolette Licht auch wieder als solches aus. Ueberhaupt konnte ich unter den weifsen und hellgefärbten Körpern, die ich zur Hand hatte, keinen finden, der nicht Spuren von Fluorescenz gezeigt hätte. Stokes empfiehlt als nicht fluorescirend weifses irdenes Geschirr. Indessen zeigten mir sowohl die zu galvanischen Elementen gehörigen Thonbecher, als auch der

matte Boden eines noch nicht gebrauchten Porcellanschälchens noch schwache Spuren von Fluorescenz. Ob sie mit organischen Körpern verunreinigt waren, darüber kann ich nicht entscheiden. Dafs Papier, Leinwand, Elfenbein, Haut und Nägel des Menschen, Holz u. s. w. schwach fluoresciren, hat bekanntlich Stokes schon ermittelt.

Hier zeigte nun auch die Netzhaut, zwischen zwei Glastafeln gelegt, ihre Fluorescenz deutlich, schwächer zwar als Papier, Leinwand und Elfenbein, aber stärker als Porcellan. Die Farbe des dispergirten Lichts war weifs mit einem, wie mir schien, blaugrünem Scheine. Doch war der erleuchtete Fleck zu klein, das Licht zu schwach, als dafs ich mit Sicherheit den Farbenton bezeichnen könnte. Durch das Prisma angesehen, fehlte dem fluorescirenden Flecke das Roth; es bildete sich nur ein schmaler orangener Rand, während im Spectrum sehr schwachen weifsen Lichts das Roth sonst leichter als die anderen Farben bemerkt zu werden pflegt. Wenn dem weifsen Lichte Roth genommen wird, wird es Grünblau, was mit der directen Angabe des Auges über den Farbenton des dispergirten Lichts der Netzhautsubstanz stimmt.

Die ziemlich gesättigt blaue Farbe der übervioletten Strahlen für das lebende Auge und die fast ganz weifse Farbe des dispergirten Lichts der todten Netzhaut waren nur zu verschieden, als dafs die Ansicht haltbar wäre, dafs die Netzhaut die übervioletten Strahlen nur nach ihrer Verwandlung in minder brechbares Licht empfände. Eine andere Frage ist die: Ist die Fluorescenz der Netzhaut stark genug, dafs das dispergirte Licht die Farbe der übervioletten Strahlen merklich ändern kann, wenn es sich ihm im lebenden Auge beimischt.

Um diefs beurtheilen zu können, verglich ich die Helligkeit des von der Netzhaut mit Aenderung der Brechbarkeit dispergirten Lichts mit dem von einer weifsen matten Porcellanfläche ohne Aenderung der Brechbarkeit dispergirten. Ich sah nach der Platte durch ein schwach brechendes Prisma, um das unverändert dispergirte übervio-

lette Licht von dem niederer Brechbarkeit zu trennen, welches auch die Porcellanplatte, wenn auch in geringerer Menge, gab.

Es erschien das von der Porcellanplatte unverändert dispergirte Licht ungefähr in derselben Stärke, wie das von der Netzhaut mit veränderter Brechbarkeit dispergirte, so dafs man wohl annehmen kann, das Licht niederer Brechbarkeit, welches die lebende Netzhaut, von überviolletten Strahlen getroffen, von sich giebt, und welches sie doch höchst wahrscheinlich ebenso gut wahrnehmen wird, wie das von aufsen kommende gewöhnliche Licht, sey stark genug, um die Farbe des direct empfundenen Antheils des überviolettten Lichts merklich zu verändern.

Demnach würde die Umkehr in der Farbenreihe, welche beim überviolettten Lichte stattfindet, sich so erklären lassen, dafs einer schwachen Empfindung violetter Farbe, welche diese Lichtstrahlen direct erregten, sich die Wahrnehmung des in der Retina durch Fluorescenz erzeugten grünlich weifsen Lichtes zugesellte, und beide Farbenempfindungen vereinigt die weifslich indigblaue Färbung geben, welche die überviolettten Strahlen darbieten, wenn sie direct gesehen werden.

Die Resultate der beschriebenen Versuche sind also:

1) Die menschliche Netzhaut ist im Stande alle Strahlen des Sonnenlichts direct wahrzunehmen, deren Brechbarkeit die der äufsersten rothen Strahlen übertrifft.

2) Die Substanz der Netzhaut dispergirt unter dem Einflusse der überviolettten Strahlen gemischtes Licht niederer Brechbarkeit, dessen Gesammtfarbe nicht ganz reines (grünlich blaues) Weifs ist.

3) Die Fluorescenz der Netzhaut ist kein hinreichender Erklärungsgrund dafür, dafs die überviolettten Strahlen überhaupt wahrgenommen werden.

V. *Ueber den zweiaxigen Glimmer vom Vesuv; von N. v. Kokscharow.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser.)

Alle Mineralogen stimmten bisjetzt überein, die kleinen Glimmer-Krystalle vom Vesuv zum monoklinoëdrischen Krystallsystem gehörig zu betrachten. In der That nach den Beschreibungen von G. Rose, Levy, Dufrénoy und überhaupt nach der von Brooke und Miller (welche, nach Philipp's Messungen, die Beschreibung eines sehr complicirten Glimmer-Krystalls vom Vesuv gegeben haben [1]) ist der allgemeine Charakter dieser Krystalle ganz monoklinoëdrisch. Indessen ist Sénarmont [2]), in Folge seiner optischen Untersuchungen, zu dem Schlusse gelangt, dafs die bisher zum monoklinoëdrischen System gerechneten Glimmer-Krystalle dem rhombischen Krystall-Systeme angehören. Er fand nämlich, dafs die Ebenen der optischen Axen in verschiedenen neben einander liegenden Stellen einer und derselben Glimmerplatte eine verschiedene Richtung haben, so dafs sich dieselben bei ihrer Verlängerung unter Winkeln von 60° 0' oder nahe 60° 0' schneiden würden. Er hat eine jede solche Platte für einen Zwilling oder Drilling genommen und zwar wo die Individuen des *rhombischen* Systems nach dem Gesetz der Arragonit-Zwillinge mit einander verwachsen sind. Sénarmont fügt hinzu, dafs bei einer gleichen Verwachsung der monoklinoëdrischen Krystalle die Spaltungsflächen nicht in einer und derselben Ebene fallen würden und einspiegeln könnten, was bei den von ihm beobachteten Exemplaren nicht der Fall war.

1) *H. J. Brooke and W. H. Miller, An Elementary introduction to Mineralogy. London*, 1852, *p.* 389.

2) *Ann. Ch. Phys.* (3), *T. XXXIV*, *p.* 171, im Ausz. *Compt. rend. XXXIII*, *p.* 684. Jahresbericht von J. Liebig und H. Kopp für 1851, S. 783.

Durch die Güte des Hrn. **Abich**, Mitglied der Academie der Wissenschaften zu St. Petersburg, wurde mir vor Kurzem die Gelegenheit zu Theil, eine sehr hübsche Gruppe von Glimmer-Krystallen vom Vesuv zu untersuchen. Diese Krystalle waren von Hrn. **Abich** selbst auf seiner Reise durch Italien gesammelt worden. Einer von den von mir zur Messung abgelösten Krystalle zeichnete sich besonders durch seine glatten und glänzenden Flächen aus und war daher sehr tauglich zu ziemlich genauen Messungen. Auf Taf. IV Fig. 14 findet man ihn abgebildet, und diese Figur zeigt, dafs sein Aeufseres ganz dasselbe ist, welches im Allgemeinen die Krystalle des monoklinoëdrischen Systems haben. Indessen überzeugten mich die genug scharfen Messungen, dafs diese Krystalle zum *rhombischen System, mit dem monoklinoëdrischen Formentypus der Pyramiden und Makrodomen*, gehörig betrachtet werden können. Aus diesem Grunde fallen in den Drillings-Krystallen die Spaltungsflächen der drei verwachsenen Individuen ganz mathematisch in eine und dieselbe Ebene. Daher ist der von **Sénarmont**, nach den optischen Eigenheiten, abgeleitete Schlufs ganz gegründet und stimmt vollkommen mit den krystallographischen Eigenschaften dieses Glimmers überein. Jedenfalls wird man besser alles dieses aus dem gleich Folgenden ersehen.

Die Messungen wurden mit Hülfe des **Mitscherlich**'schen Goniometers ausgeführt, welches mit *einem* Fernrohr versehen war. Da die Flächen den Gegenstand gut reflectirten, so kann man diese Messungen als sehr genügend betrachten. Jede gegebene Zahl gehört einer Messung an, die bei einer besonderen Einstellung des Krystalls am Goniometer vollzogen wurde.

$$o : o = 122^\circ\ 50\tfrac{1}{4}'$$
$$122\ \ 50\tfrac{1}{2}$$
$$\text{im Mittel} = 122^\circ\ 50\tfrac{1}{2}'$$
$$o : P = 106^\circ\ 52\tfrac{1}{2}$$
$$106\ \ 53\tfrac{1}{2}$$
$$106\ \ 53$$
$$\text{im Mittel} = 106^\circ\ 53'$$

Dieselbe Neigung $o:P$ an der anderen Kante

$$= 106^\circ\ 54\tfrac{1}{2}'$$

Der mittlere Werth aus diesen zwei Neigungen ist gleich:

$$\begin{aligned} o:P &= 106^\circ\ 53\tfrac{3}{4}' \\ M:M &= 120\ \ 44\tfrac{1}{2} \\ &= 120\ \ 44\tfrac{1}{2} \\ \text{im Mittel} &= 120^\circ\ 44\tfrac{1}{2}' \end{aligned}$$

$M:M = 59^\circ\ 15\tfrac{1}{2}'$ (Complement $= 120^\circ\ 44\tfrac{1}{2}'$).

Also ist der mittlere Werth gleich:

$$\begin{aligned} M:M &= 120^\circ\ 44\tfrac{1}{2}' \\ M:P &= \ \ 81\ \ 21\tfrac{1}{2} \\ &\ \ \ \ \ 81\ \ 23 \\ &\ \ \ \ \ 81\ \ 23\tfrac{1}{4} \\ &\ \ \ \ \ 81\ \ 22\tfrac{3}{4} \\ \text{im Mittel} &= \ \ 81^\circ\ 22\tfrac{1}{2}' \end{aligned}$$

$M:P = 98^\circ\ 38\tfrac{1}{2}'$ (Complement $= 81^\circ\ 21\tfrac{1}{2}'$).

Also ist der mittlere Werth aus diesen zwei Messungen gleich:

$$\begin{aligned} M:P &= \ \ 81^\circ\ 22' \\ o:M &= 154\ \ 28\tfrac{1}{2} \\ &= 154\ \ 30\tfrac{1}{4} \\ &= 154\ \ 29\tfrac{3}{4} \\ \text{im Mittel} &= 154^\circ\ 29\tfrac{1}{2}' \\ M:h &= 119^\circ\ 37\tfrac{1}{2}' \end{aligned}$$

Wenn man also jetzt die Glimmer-Krystalle vom Vesuv zum *rhombischen* System gehörig betrachtet und wenn man in der hauptrhombischen Pyramide bezeichnet durch:

a, die halbe Vertical- oder Hauptaxe,

b, die halbe gröfsere Nebenaxe (Makrodiagonal),

c, die halbe kleinere Nebenaxe (Brachidiagonal),

so erhält man für die Flächen der verschiedenen Formen der abgebildeten Combination folgende krystallographische Zeichen:

	nach Weifs.	nach Naumann.
o	$(a:b:c)$	P
M	$(2a:b:c)$	$2P$
t	$(\frac{4}{3}a:b:\infty c)$	$\frac{4}{3}\breve{P}\infty$
h	$(\infty a:b:\infty c)$	$\infty\breve{P}\infty$
P	$(a:\infty b:\infty c)$	$0P$.

Wenn man ferner in jeder rhombischen Pyramide bezeichnet, mit:

X, die Makrodiagonal-Polkante,
Y, die Brachidiagonal-Polkante,
Z, die Mittelkante.

α, die Neigung der Makrodiagonal-Polkante zur Hauptaxe a,
β, die Neigung der Brachidiagonal-Polkante zu derselben Axe a,
γ, die Neigung der Mittelkante zur Makrodiagonalaxe b,

so erhält man durch Rechnung:

Für die hauptrhombische Pyramide $o = P$.

$a:b:c = 1{,}64656:1:0{,}57735$ [1])

$X = 68^\circ\ 5'$
$Y = 122\ \ 50$
$Z = 146\ \ 13$
$\alpha = 31\ \ 16$
$\beta = 19\ \ 19$
$\gamma = 30\ \ 0$

Und für die gegenseitige Neigung der Flächen in den Krystallen ergiebt sich:

	durch Rechnung.	durch Messung.
$o:o$	$= 122^\circ\ 50'$	$122^\circ\ 50\frac{1}{2}'$
$o:P$	$= 106\ \ 54$	$106\ \ 53\frac{3}{4}$
$o:M$	$= 154\ \ 29$	$154\ \ 29\frac{1}{2}$
$M:M$	$= 120\ \ 45$	$120\ \ 44\frac{1}{2}$
$M:P$	$= 98\ \ 38$	$98\ \ 38$
$M:h$	$= 119\ \ 38$	$119\ \ 37\frac{1}{2}$
$t:P$	$= 114\ \ 29$	
$t:h$	$= 155\ \ 31.$	

1) Diese Werthe sind aus $o:P = 106^\circ\ 53\frac{3}{4}'$ und $\gamma = 30^\circ\ 0'$ berechnet.

Man sieht, dafs die berechneten Winkel mit denen durch unmittelbare Messungen erhaltenen ganz und gar übereinstimmen [1]). Merkwürdig ist es, dafs man für das Hauptprisma des Glimmers vom Vesuv gerade die Winkel 120° 0' und 60° 0' erhält. Dieses ist der Grund, woher in den Combinationen, wo die Flächen *h* und *t* eintreten, das basische Pinakoïd *P* (Spaltungsfläche) ein regelmäfsiges Sechseck bildet.

Die Zusammensetzungsfläche der Zwillings-Krystalle des Glimmers vom Vesuv ist die Fläche ∞P und die Individuen sind unter sich wie im Arragonit vereinigt, so dafs man öfters Drillingen begegnet. Die Spaltungfläche dieser Drillinge bildet ebenfalls ein regelmäfsiges Sechseck.

VI. *Ueber den Klinochlor von Achmatowsk; von N. v. Kokscharow.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus T. XIII der Memoiren der Akademie der Wiss. zu St. Petersburg, in deren Sitzung vom 20. Sept. v. J. der Aufsatz gelesen wurde.)

Das grüne Mineral von Achmatowsk, welches sich besonders durch seinen Dichroismus und durch seine vollkommene Spaltbarkeit ausgezeichnet, war, wie bekannt, lange genug mit dem Chlorit von Werner verwechselt. V. Kobell [2]) war der Erste, welcher nach seinen chemischen Untersuchungen zu der Ueberzeugung gelangte, dafs

1) Gustav Rose hat, nach seinen Messungen, im Glimmer vom Vesuv erhalten: $M:h = 119° 37'$, $M:M = 120° 46'$, $M:P = 98° 40'$ (Poggendorff's Ann. 1844. Bd. 61, S. 383).

Brooke und Miller, nach den Messungen von Philipps, geben für dasselbe Mineral folgende Werthe: $M:h = 119° 37'$, $M:M = 120° 46'$, $M:P = 98° 40'$, $n:h = 118° 33'$ und $o:P = 107° 5'$ (*An Elementary introduction to Mineralogy. London,* 1852. *p.* 389).

2) Journal für Pract. Chemie von O. L. Erdmann und R. F. Marchand, Bd. XVI, S. 470, 1839.

das Mineral von Achmatowsk und ein anderes von Schwarzenstein (identisch mit dem Achmatowskschen) sich auf eine sehr bemerkbare Weise von dem Chlorit von Werner unterscheidet, weshalb er vorschlug, ihn als eine ganz besondere Species zu betrachten und zwar unter dem Namen »Ripidolith« (ῥίπις, Fächer und λίθος, Stein). G. Rose fand hingegen, dafs die durch den Namen »Ripidolith« ausgedrückten Eigenheiten eher dem Mineral von Werner, als dem von Achmatowsk zukämen, weshalb er den von v. Kobell vorgeschlagenen Namen in einem ganz entgegengesetzten Sinne gebrauchte, nämlich das Mineral von Achmatowsk und Schwarzenstein, welches v. Kobell »Ripidolith« nennt, bezeichnet G. Rose als »Chlorit« und im Gegentheil wieder das Mineral vom St. Gotthardt und Rauris, welchem v. Kobell seinen alten Namen »Chlorit« gelassen hat, nennt G. Rose »Ripidolith«. In letzterer Zeit ist bei West-Chester, in Pennsylvanien, ein Mineral entdeckt worden, das sowohl durch seine chemische Zusammensetzung, als durch seine anderen verschiedenen Eigenschaften, sich fast gar nicht von dem von Achmatowsk unterscheidet. Dieses letztere hat W. P. Blake »Klinochlor« (Clinochlore) benannt.

Die Krystalle von Achmatowsk wurden von v. Kobell zum hexagonalen System (drei- und einaxigen, nach Weifs) gezählt. Alle übrigen Mineralogen, die nach v. Kobell sich mit diesen Krystallen beschäftigten, stimmten überein, sie ebenfalls als hexagonale Combinationen zu betrachten. Auf den Wunsch meines hochgeehrten Lehrers G. Rose, stellte ich im Jahre 1851 viele Messungen an mehreren Krystallen an und ich betrachtete sie auch als zum hexagonalen System gehörig [1]). Während der Dauer meiner Arbeit bemühte ich mich besonders, mir solche Krystalle zu verschaffen, die anwendbar wären zu den Messungen mit dem Reflexionsgoniometer; ebenfalls strebte ich die

1) Verhandlungen der R. K. Mineralogischen Gesellschaft zu St. Petersburg. Jahrgang 1850 und 1851, S. 163. Poggendorff's Ann. 1852, Bd. LXXXV, S. 519.

Messungen selbst mit der Genauigkeit zu vollziehen, die die Krystalle dieser Art nur zu erlangen erlaubten. Wenn ich meinen Zweck in einer Hinsicht erlangt habe, nämlich dafs die gesammelten Krystalle genügend waren zu ziemlich guten Messungen, — so war ich dagegen in anderer Beziehung gar nicht befriedigt worden. Ungeachtet der Vertheilung der Flächen in diesen Krystallen, einer Vertheilung, welche, dem Anschein nach, sehr ähnlich war den hexagonalen Combinationen, erhielt ich durch Rechnung der Winkel, die sich merklich von den durch directe Messung erhaltenen Werthen unterschieden. Da meine Messungen ziemlich genau angestellt waren, so konnte ich alle diese Verschiedenheiten nicht als Fehler derselben ansehen; daher um die Werthe die durch directe Messung erhalten worden, beizubehalten (nämlich den wahren Werth der Winkel), war ich, zu meinem grofsen Bedauern, genöthigt, für die Flächen sehr complicirte krystallographische Zeichen anzunehmen. Zu dieser Schwierigkeit gesellte sich noch eine andere: ungeachtet dem Aeufseren der Krystalle (dem Anschein nach sehr symmetrisch), waren die gegenseitigen Neigungen der Flächen im Gegensatz zu den Bedingungen der gewöhnlichen rhomboëdrischen Combinationen, und es war mir anders unmöglich diese Eigenthümlichkeiten zu erklären, als einen sehr seltenen Fall anzunehmen, nämlich dafs die erwähnten Krystalle den Gesetzen der rhomboëdrischen Tetartoëdrie unterworfen sind. Von dem bisher Gesagten ist es leicht zu ersehen, dafs (wenn man erst ein Mal die Krystalle von Achmatowsk als hexagonal betrachtet) dem Beobachter die Wahl bliebe: entweder die Genauigkeit der Winkel zu opfern (d. h. die Wahrheit opfern) und die Einfachheit der krystallographischen Zeichen beizubehalten, oder die Einfachheit der Zeichen zu opfern und die wahre Gröfse der Winkel beizubehalten. Damals entschied ich mich zu diesem letzteren Entschlufs. Indessen alle diese Verwickelungen hatten eine sehr wichtige Ursache zum Grunde, nämlich dafs wir bisher ganz im Irrthum waren über das Krystall-Sy-

stem des Achmatowskschen Minerals. Dieses ist nicht hexagonal (wie bis jetzt alle Mineralogen es gewohnt waren zu betrachten), sondern es ist das *monoklinoëdrische* System (zwei- und eingliedrige von Weifs). Die Arbeiten, die ich jetzt, in Folge der Bemerkungen der HH. G. Rose, Kenngott und hauptsächlich der des Hr. J. D. Dana [1]) unternommen habe, dienten um mich vollkommen

1) G. Rose schreibt unter anderem folgendes:

»Indessen hat Koksebarow für die Flächen des Kämmererits andere Werthe erhalten als für die des Chlorits, aber sowohl die ersteren als die letzteren sind so complicirt, dafs man unmöglich denselben Realität zuschreiben kann, und die Frage über die Uebereinstimmung der Form des Chlorits und Kämmererits mir noch nicht erwiesen scheint. Mit so grofser Sorgfalt die Messungen von Kokscbarow auch angestellt sind, so mufs man hierüber doch noch weitere Untersuchungen abwarten.« (Das krystallo-chemische Mineralsystem von G. Rose. Leipzig, 1852. S. 109.)

G. A. Kenngott drückt sich über diesen Gegenstand folgendermafsen aus:

»N. v. Kokscharow gebührt das Verdienst, die Krystallformen des Chlorits mit grofser Sorgfalt und Genauigkeit gemessen zu haben, die Folgerungen aber aus den Messungen gehen zu weit.« (Uebersicht drr Resultate mineralogischer Forschungen in den Jahren 1850 und 1851, Wien, 1853. S. 66.)

In einem Briefe, vom 4ten October 1852, mit welchem Hr. J. D. Dana mich beehrte, schreibt er unter anderem folgendes:

»Bei uns, nämlich bei Chester in Pennsylvanien, findet man einen sehr interessanten Chlorit, den man »Klinochlor« (Clinochlore) nennt, weil er zwei optische Axen hat. Diese beiden Axen sind nicht gleich zur Spaltungsfläche geneigt, aber eine jede derselben bildet mit ihr einen besondern Winkel, woraus man, wie es scheint, schliefsen kann, dafs die Hauptform der Krystalle schief ist. Die Analyse des Hrn. Craw (*Amer. Journ. of Sc.* Bd. XIII, S. 222, 1851) beweist, dafs die chemische Zusammensetzung des Chlorits (Ripidolith, v. Kobell) nod Klinochlors identisch ist, obgleich die optischen Eigenschaften dieser beiden Mineralien ganz verschieden sind. Nach Hrn. Craw's Analyse besteht der Klinochlor aus:

Kieselerde	31,344
Thonerde	17,467
Eisenoxyd	3,855
Chromoxyd	1,686
Talkerde	33,440
Wasser	12,599
	100,391.

zu überzeugen, dafs dieses System wirklich *monoklinoëdrisch* ist.

Um nun das Mineral von Achmatowsk zu unterscheiden, dessen Namen in jetziger Zeit vielen Verwechselungen unterworfen ist, scheint es mir genügend ihn mit den Namen »Klinochlor« zu bezeichnen, nämlich mit demselben Namen, unter welchem dasselbe Mineral in Pennsylvanien bekannt ist. Diese Benennung halte ich auch anwendbar für das Schwarzensteinsche Mineral. Im Laufe dieses Artikels werde ich mich des Namens »Klinochlor« für unser Mineral bedienen.

Der Klinochlor von Achmatowsk ist eine sehr schöne Mineral-Species. Er findet sich in Begleitung hübscher Varietäten krystallisirten Granats, Diopsids, Apatits und verschiedener anderer Mineralien, an welchen diese Localität so selten reich ist. Viele dieser Krystalle haben ein tafelförmiges Ansehen, während die anderen in der Richtung der Verticalaxe mehr oder weniger ausgedehnt sind und nach der Art der Vertheilung ihrer Flächen ein thonartiges Aussehen erhalten. Sie sind fast immer zu Drusen vereinigt. Der gröfste Theil der Krystalle ist untauglich zu den Messungen mit dem Reflexionsgoniometer, doch begegnet man zuweilen, überhaupt unter den kleinen, solchen, die hinreichend genug sind zu ziemlich guten Messungen.

An den Krystallen, die ich Gelegenheit hatte zu beobachten, habe ich folgende Formen bestimmt: [1])

Monoklinoëdrische Hemipyramiden.

a) Hemipyramiden der Grundreihe.

	Nach Weifs.	Nach Naumann.
o	$+(a : b : c)$	$+P$
n	$+(\frac{2}{3}a : b : c)$	$+\frac{3}{2}P$
m	$+(\frac{3}{4}a : b : c)$	$+\frac{3}{4}P$
u	$-(2a : b : c)$	$-2P$
d	$-(6a : b : c)$	$-6P$.

1) Ich werde im Folgenden alle Krystall-Formen, so wie auch alle ihre Theile, nach der Naumann'schen Nomenklatur bezeichnen.

durch:

…diagonalen Polkante

…ante zur Klinodiago-

…diagonalen Polkante

…ante zur Klinodia-

… die Fläche mit der … a und b enthält (Win-… tschnitt),

… n die Fläche mit der … u a und c enthält (Win-… uptschnitt),

… chen die Fläche mit der … xen b und c enthält (Win-… schnitt).

… Hemipyramiden werden wir … ezeichnen, nur zu denjenigen … ung in ihrer Gröfse unterworfen … nt hinzufügen. Auf diese Weise … *n Hemipyramiden*: X', Y', Z', μ', ν'.

… nnehmend, erhalten wir durch Rech-

Die … *noklinoëdrische Pyramide* $\pm P$ *des Kli-*
Taf. IV Fig. … *matowsk.*
dargestellt … $: c = 1,47756 : 1 : 1,73195$ [1])

$$\gamma = 62^\circ\ 50'\ 48''$$

$X = 60^\circ\ 44'$	$X' = 70^\circ\ 22'$
$Y = 48\ \ 53$	$Y' = 31\ \ 10$
$Z = 77\ \ 54$	$Z' = 42\ \ 12$

[1]) Werthe sind aus folgenden Messungen erhalten worden:

$M : M = 125^\circ\ 37'$
$M : P = 113\ \ 57$
$o : P = 102\ \ 6\tfrac{1}{2}'$.

Fig. 8 und 8[b]

$$oP.+P.\infty P.(4P\infty).(\infty P\infty).$$
$$P \quad o \quad M \quad t \quad h$$

Fig. 9 und 9[b]

$$oP.+P.+\tfrac{2}{3}P.\infty P.+(\tfrac{3}{2}P3).(\infty P3).(4P\infty).$$
$$P \quad o \quad n \quad M \quad s \quad v \quad t$$
$$(\infty P\infty).+P\infty.-(4P\infty.)$$
$$h \quad i \quad x$$

Fig. 10 und 10[b]

$$oP.+\tfrac{2}{3}P.\infty P.(4P\infty).$$
$$P \quad n \quad M \quad t$$

Fig. 11 und 11[b]

$$oP.+P.+\tfrac{2}{3}P.\infty P.(4P\infty).(\infty P\infty).$$
$$P \quad o \quad n \quad M \quad t \quad h$$

Fig. 12 und 12[b]

$$oP.+\tfrac{2}{3}P.\infty P.+(2P3).+(\infty P3).-(6P3).$$
$$P \quad n \quad M \quad c \quad v \quad w$$
$$(4P\infty).+P\infty.+\tfrac{2}{3}P\infty.+4P\infty.$$
$$t \quad i \quad y \quad z$$

Fig. 13 und 13[b]

$$oP.+P.\infty P.(\infty P3).+(2P3).(P\infty).$$
$$P \quad o \quad M \quad v \quad c \quad t$$
$$+P\infty.+4P\infty.$$
$$i \quad z$$

Jetzt bezeichnen wir in der hauptmonoklinoëdrischen Pyramide des Klinochlors von Achmatowsk, durch:

a, die Hälfte der Vertical- oder Hauptaxe,
b, die Hälfte der Klinodiagonalaxe,
c, die Hälfte der Orthodiagonalaxe,
γ, den Neigungswinkel der Axe b zur Axe a.

Ferner, vorausgesetzt, dafs jede monoklinoëdrische Pyramide aus zwei Hemipyramiden zusammengesetzt sey (d. h. aus einer positiven, deren Flächen über dem spitzen Winkel γ liegen, und einer negativen Hemipyramide), bezeichnen wir:

In den *positiven Hemipyramiden*, durch:

μ, den Neigungswinkel der klinodiagonalen Polkante zur Hauptaxe a,

ν, den Neigungswinkel derselben Kante zur Klinodiagonalaxe b,

ϱ, den Neigungswinkel der orthodiagonalen Polkante zur Hauptaxe a,

σ, den Neigungswinkel der Mittelkante zur Klinodiagonalaxe b,

X, den Neigungswinkel, welchen die Fläche mit der Ebene bildet, welche die Axen a und b enthält (Winkel zum klinodiagonalen Hauptschnitt),

Y, den Neigungswinkel, welchen die Fläche mit der Ebene bildet, welche die Axen a und c enthält (Winkel zum orthodiagonalen Hauptschnitt),

Z, den Neigungswinkel, welchen die Fläche mit der Ebene bildet, welche die Axen b und c enthält (Winkel zum basischen Hauptschnitt).

Die Winkel der negativen Hemipyramiden werden wir mit denselben Buchstaben bezeichnen, nur zu denjenigen Winkeln, die einer Aenderung in ihrer Gröfse unterworfen sind, werden wir ein Accent hinzufügen. Auf diese Weise haben wir für die *negativen Hemipyramiden*: X', Y', Z', μ', ν'.

Diese Bezeichnung annehmend, erhalten wir durch Rechnung:

Für die hauptmonoklinoëdrische Pyramide $\pm P$ *des Klinochlors von Achmatowsk.*

$$a : b : c = 1{,}47756 : 1 : 1{,}73195$$ [1]

$$\gamma = 62^\circ\ 50'\ 48''$$

$X = 60^\circ\ 44'$	$X' = 70^\circ\ 22'$
$Y = 48\ \ 53$	$Y' = 31\ \ 10$
$Z = 77\ \ 54$	$Z' = 42\ \ 12$

1) Diese Werthe sind aus folgenden Messungen erhalten worden:

$$M : M = 125^\circ\ 37'$$
$$M : P = 113\ \ 57$$
$$o : P = 102\ \ 6\tfrac{1}{2}'.$$

$\mu = 41^\circ\ 4'$ $\sigma = 60^\circ\ 0'$
$\nu = 76\ \ 5$ $\mu' = 24\ \ 42'$
$\varrho = 49\ \ 32$ $\nu' = 38\ \ 8.$

Die kleinen Krystalle bieten vorzüglich die Combinationen der Fig. 6, 7, 8 und 9, die gröfseren dagegen die der Fig. 10, 11, 12 und 13 dar. Ich kann hier nicht übergehen einige Eigenthümlichkeiten dieser Krystalle anzuführen.

1. Für die haupt-monoklinoëdrische Hemipyramide o und folglich für alle übrigen Hemipyramiden, die mit o dieselbe Basis haben (d. h. für die Hemipyramiden der Hauptreihe), wie z. B. für m, n, u und d, wegen des Winkels $\sigma = 60^\circ\ 0'$, lassen sich die ebenen Winkel der Basis berechnen $= 120^\circ\ 0'$ und $60^\circ\ 0'$ [1]). Daher erhält in den Combinationen, wo die Flächen t oder h eintreten, das basische Pinakoïd P die Figur des *regulären Sechsecks*, woher die Krystalle den Charakter der Combinationen des hexagonalen Systems annehmen. Diese sonderbare Aehnlichkeit steigert sich noch mehr in den Combinationen, wo sich die Flächen der Hemipyramiden s, c, w und des Prismas ν (für welche $\sigma = 30^\circ\ 0'$) finden, wie auch da, wo die Flächen der Hemidomen i, y, z und x liegen. Alle diese Flächen schneiden das basische Pinakoïd P in den Kanten, welche mit den Nachbarkanten die Winkel $= 150^\circ\ 0'$ bilden, woher sie die Lage bekommen, die derjenigen ähnlich ist, welche den Formen zweiter Art in den Krystallen des hexagonalen Systems zukommt. Die Combinationen der Fig. 11, 12 und 13 gleichen dermafsen den hexagonalen Combinationen, dafs gewifs jeder Beobachter bei einer flüchtigen Betrachtung dieselben ohne Schwierigkeit zu diesen letzteren gezählt hätte. Die Drillinge, welchen man sehr häufig im Klinochlor von Achmatowsk begegnet, haben eine sehr grofse Aehnlichkeit mit den hexagonalen Pyramiden.

1) Hier kann man auch erwähnen, dafs dieselbe Eigenthümlichkeit die Krystalle des Micas vom Vesuv bieten.

2. Es ist auch zu bemerken, dafs $\gamma = 62^\circ\, 51'$ fast gleich ist dem halben Winkel, welchen die Flächen des Prismas M in den Klinodiagonalkanten bilden; in der That ist $M : M = 125^\circ\, 37'$, folglich $\frac{1}{2}(M : M) = 62^\circ\, 48\frac{1}{2}'$.

Der in Fig. 1 Taf. V dargestellte Rifs nach der Quenstedtschen[1]) Methode, so wie die Figuren 6 — 13, Taf. IV geben einen Begriff von den Zonen der Krystalle und von den übrigen krystallographischen Verhältnissen.

Was die Beschaffenheit der Flächen anbetrifft, so sind die aller monoklinoëdrischen Hemipyramiden der Hauptreihe gröfstentheils mit mehr oder minder beträchtlichen Streifen bedeckt, die parallel den Kanten $\frac{M}{P}$ und $\frac{o}{P}$ laufen, sie erscheinen nur selten vollkommen glänzend und zu guten Messungen geeignet; die Flächen der Klinodomen und des Klinopinakoïds sind hinreichend glatt und glänzend, aber die Flächen des basischen Pinakoïds, der Hemidomen und der Hemipyramiden der Zwischenreihen gehören zu den glattesten und glänzendsten.

Wenn man das oben angeführte Verhältnifs der Axen der Hauptform annimmt, so ergeben sich folgende Winkel:

	durch Rechnung.	d. Messung.		durch Rechnung.	d. Messung.
$o : P$	$= 102^\circ\ 7'$	$102^\circ\ 6'$	$n : y$	$= 153^\circ\ 57'$	
$o : M$	$= 143\ \ 57$		$n : M$ über o	$= 127\ \ 31$	
$o : n$	$= 163\ \ 34$				
$o : t$	$= 122\ \ 0$		$n : t$	$= 124\ \ 31$	$124^\circ\ 31'$
$o : u$ über M	$= 130\ \ 10$		$m : P$	$= 113\ \ 28$	
			$m : i$	$= 150\ \ 6$	$150\ \ 0$
$o : o$ über i	$= 121\ \ 28$		$m : h$	$= 117\ \ 18$	
			$m : t$	$= 124\ \ 4$	
$o : h$	$= 119\ \ 16$		$m : k$	$= 125\ \ 27$	
$n : n$ über y	$= 127\ \ 53$		$m : m$ d. h. $2X$	$= 125\ \ 24$	
$n : P$	$= 118\ \ 32$	$118\ \ 28$	$m : M$	$= 132\ \ 35$	

1) In diesem Risse ist als Sectionsfläche die Ebene genommen, die die Axen b und c enthält (d. h. Basis), woher die Hauptaxe a zu dieser Fläche unter einem schiefen Winkel geneigt ist.

	durch Rechnung.	d. Messung.
$u : P$	$= 127^\circ\ 43'$	
$u : M$	$= 166\ \ 14$	
$u : x$	$= 155\ \ 49$	
$u : t$	$= 124\ \ 33$	
$u : h$	$= 113\ \ 18$	
$u : u$ d. h. $2X$	$= 133\ \ 24$	
$d : P$	$= 118\ \ 59$	$119^\circ\ \ 5'$
$d : M$	$= 174\ \ 58$	
$d : t$	$= 124\ \ 33$	
$d : h$	$= 115\ \ 56$	
$d : d$ d. h. $2X$	$= 128\ \ \ 7$	
$s : t$	$= 151\ \ \ 5$	
$s : n$	$= 153\ \ 26$	
$s : o$	$= 148\ \ 16$	
$s : P$	$= 116\ \ 45$	
$s : h$	$= 140\ \ 39$	
$c : P$	$= 107\ \ 26$	
$c : n$	$= 150\ \ 20$	
$c : t$	$= 151\ \ 28$	
$c : v$	$= 148\ \ 11$	
$c : w$ über v	$= 138\ \ 30$	
$c : o$	$= 150\ \ 32$	
$c : h$	$= 145\ \ 43$	
$w : P$	$= 114\ \ \ 4$	
$w : M$	$= 152\ \ 38$	
$w : t$	$= 151\ \ 29$	
$w : h$	$= 142\ \ 15$	
$w : v$	$= 170\ \ 19$	
$w : n$	$= 119\ \ 59$	
$w : o$	$= 133\ \ 27$	
$M : P$	$= 113\ \ 57$ $66\ \ \ 3$	$113\ \ 57$

	durch Rechnung.	d. Messung.
$M : t$	$= 124^\circ\ \ 8'$	$124^\circ\ \ 4'$
$M : h$	$= 117\ \ 12$	
$M : M$	$= 125\ \ 37$ $54\ \ 23$	$125\ \ 38$
$v : P$	$= 75\ \ 37$ $104\ \ 23$	
$v : M$	$= 150\ \ 10$	
$v : t$	$= 150\ \ 59$	
$v : h$	$= 147\ \ \ 1$	
$v : v$	$= 65\ \ 57$ $114\ \ \ 3$	
$k : P$	$= 113\ \ 42$	
$k : h$	$= 156\ \ 18$	
$k : k$ über h	$= 132\ \ 35$	
$k : k$ über P	$= 47\ \ 25$	
$t : P$	$= 108\ \ 14$	
$t : h$	$= 161\ \ 46$	
$t : t$ über h	$= 143\ \ 33$	
$t : t$ über P	$= 36\ \ 27$	
$i : P$	$= 103\ \ 55$	
$i : o$	$= 150\ \ 44$	
$i : n$	$= 148\ \ 35$	
$i : y$	$= 161\ \ 47$	
$y : o$	$= 145\ \ 57$	
$y : P$	$= 122\ \ \ 8$	
$z : P$	$= 72\ \ \ 7$	
$z : i$	$= 148\ \ 12$	
$z : y$	$= 129\ \ 59$	
$x : P$	$= 125\ \ \ 7$	$125\ \ \ 4$
$x : M$	$= 151\ \ 45$	

Ferner berechnet man für:

$n = +\frac{2}{3}P.$	$m = +\frac{3}{4}P.$
$X = 63°\ 57'$	$X = 62°\ 42'$
$Y = 62\ \ 41$	$Y = 58\ \ 19$
$Z = 61\ \ 28$	$Z = 66\ \ 32$
$\mu = 59°\ 17'$	$\mu = 53°\ 47'$
$\nu = 57\ \ 52$	$\nu = 63\ \ 23$
$\varrho = 60\ \ 22$	$\varrho = 57\ \ 23$
$\sigma = 60\ \ \ 0$	$\sigma = 60\ \ \ 0$

$u = -2P.$	$d = -6P.$
$X' = 66°\ 42'$	$X' = 64°\ \ 4'$
$Y' = 27\ \ 17$	$Y' = 26\ \ 28$
$Z' = 52\ \ 17$	$Z' = 61\ \ \ 1$
$\mu' = 14\ \ 37$	$\mu' = \ 5\ \ 27$
$\nu' = 48°\ 14'$	$\nu' = 57°\ 24'$
$\varrho' = 30\ \ 22$	$\varrho' = 11\ \ \ 3$
$\sigma' = 60\ \ \ 0$	$\sigma' = 60\ \ \ 0$

$s = +(\frac{3}{2}P3).$	$c = +(2P3).$
$X = 39°\ 21'$	$X = 34°\ 17'$
$Y = 78\ \ 57$	$Y = 73\ \ 17$
$Z = 63\ \ 15$	$Z = 72\ \ 34$
$\mu = 72°\ 23'$	$\mu = 59°\ 17'$
$\nu = 44\ \ 46$	$\nu = 57\ \ 52$
$\varrho = 38\ \ \ 0$	$\varrho = 30\ \ 22$
$\sigma = 30\ \ \ 0$	$\sigma = 30\ \ \ 0$

$w = -(6P3).$	$M = \infty P.$
$X' = 37°\ 45'$	$X = 62°\ 48\frac{1}{2}'$
$Y' = 53\ \ 41$	$Y = 27\ \ 11\frac{1}{2}$
$Z' = 65\ \ 56$	
$\mu' = 14°\ 37'$	
$\nu' = 48\ \ 14$	
$\varrho = 11\ \ \ 3$	
$\sigma = 30\ \ \ 0$	

$v = (\infty P3)$.	$k = (3P\infty)$.
$X = 32^\circ\ 59'$	$X = 23^\circ\ 42'$
$Y = 57\ \ 1$	$Z = 66\ \ 18$
$t = +4P\infty$.	$i = +P\infty$.
$X = 18^\circ\ 14'$	$Y = 41^\circ\ \ 4'$
$Z = 71\ \ 46$	$Z = 76\ \ 5$
$y = +\frac{2}{3}P\infty$.	$z = +4P\infty$.
$Y = 59^\circ\ 17$	$Y = \ \ 9^\circ\ 16'$
$Z = 57\ \ 52$	$Z = 107\ \ 53$

$x = -4P\infty$.
$Y = \ 7^\circ\ 57'$
$Z' = 51^\circ\ 53$.

Die ganz vollkommene Spaltbarkeit des Achmatowskischen Klinochlor geht parallel mit dem basischen Pinakoïd $P = oP$. Spec. Gew., nach G. Rose's Bestimmung, $=2{,}774$. Härte $=2{,}5$. Die Krystalle sind ganz ausgezeichnet dichroïtisch, nämlich, wenn man das basische Pinakoïd gegen das Licht hält, so sind die Krystalle smaragdgrün durchscheinend, aber wenn man sie dagegen mit ihren Seitenflächen gegen das Licht wendet, so sind sie entweder braun oder hyazinthroth durchscheinend. Selten findet man bei anderen Krystallen eine so grofse Verschiedenheit der Farben in den verschiedenen Richtungen. Die grofsen Krystalle sind entweder durchscheinend an den Kanten oder in der ganzen Masse, und einige der kleinen sind halbdurchsichtig. In den dünnen Blättchen sind sie biegsam, aber nicht elastisch. Das Strichpulver ist licht-grünlichweifs. Fettig anzufühlen. Obgleich die Fläche des basischen Pinakoïds meistens glatt und glänzend ist, zo zeigt sie doch oft in mehreren Krystallen einige Unebenheiten, die eine regelmäfsige Lage haben und die Form eines Sterns oder Fächers darstellen, was von der Zwillingsbildung abhängt. Die Fig. 2 Taf. V stellt ein Exemplar aus der Sammlung des Hrn. P. A. v. Kotschubéy dar.

In den Krystallen des Klinochlors von Achmatowsk ist diese Zwillingsbildung sehr häufig und die Krystalle, wel-

cher dieselben unterworfen sind, bilden nämlich solche Drillinge, in welchen die Zusammensetzungsfläche der verwachsenen Individuen die Fläche der positiven Hemipyramide $+\frac{3}{2}P$ ist. Da die Flächen $+\frac{3}{2}P$ in den klinodiagonalen Polkanten unter den Winkel $= 120^\circ\ 0'$ geneigt sind und mit der Spaltungsfläche einen Winkel $= 89^\circ\ 43'$ bilden, so ergiebt sich, dafs die klinodiagonalen Hauptschnitte von drei verwachsenen Individuen sich unter dem Winkel $= 60^\circ\ 0'$ schneiden und dafs die Spaltungsflächen derselben unter sich abwechselnde ein- und ausspringende Winkel $= 179^\circ\ 25'$ bilden, d. h. Winkel, welche sehr nahe kommen an $180^\circ\ 0'$ [1]). Die grofsen Krystalle sind oft auch aus einer Menge kleiner Krystalle gebildet, woher ihr basisches Pinakoïd zuweilen das Ansehen einer Rose erhält, wie es der Fall ist in den Krystallen des Eisenglanzes vom St. Gotthardt.

Nach G. Rose zeigt der Achmatowskische Klinochlor folgendes Verhalten: Vor dem Löthrohre, auf der Kohle blättert er sich auf, wird gelblichbraun und undurchsichtig. In der Platinzange gehalten, schmilzt er bei sehr starker Hitze an den äufsersten Kanten zu einem schwarzen Glase. Im Kolben erleidet er dieselben Veränderungen wie auf der Kohle, giebt aber dabei eine ziemlich bedeutende Menge Wasser ohne Spuren von Flufssäure. Von Borax wird er leicht zu einem klaren Glase aufgelöst, das mit der Farbe des Eisens gefärbt ist. Von Phosphorsalz unter Ausscheidung von Kieselsäure zu einem ebenso ge-

1) Nach einer solchen Zwillingsbildung, welche an Arragonitzwillinge erinnert, könnte man glauben, dafs die Flächen $+\frac{3}{2}P$ zur Spaltungsfläche ganz genau unter den Winkel $90^\circ\ 0'$ geneigt seyen, (wie diefs im Glimmer vom Vesuv der Fall ist), indessen sind die Flächen $+\frac{3}{2}P$ im Klinochlor von Achmatowsk *nicht* ganz genau unter dem rechten Winkel zur Spaltungsfläche geneigt, weil man in dem Drillings-Krystalle *n* ziemlich gut die einspringenden und ausspringenden Winkel beobachten kann; daher haben die Spaltungsflächen der Drillinge gewifs eine sehr grofse Aehnlichkeit mit einem Fächer. In der Sammlung des Hrn. P. v. Kotschubey findet sich eine ganze Druse von Klinochlor-Krystallen, wo fast ein jeder Krystall ein Drilling ist.

färbten Glase, das beim Erkalten undurchsichtig wird. Mit Soda bildet er auf der Kohle eine aufgequollene braune, schwerschmelzbare Masse. Von concentrirter Schwefelsäure wird er vollständig zersetzt.

Nach den Analysen von v. Kobell [1]), Varrentrapp [2]) und Marignac [3]), besteht der Klinochlor von Achmatowsk aus:

	v. Kobell.	Varrentrapp.	Marignac.
Kieselerde	31,14	30,38	30,27
Thonerde	17,14	16,97	19,89
Eisenoxydul	3,85	4,37	4,42(oxyd)
Manganoxydul	0,53	—	—
Talkerde	34,30	33,97	33,13
Wasser	12,20	12,63	12,54
Unaufgelöste Theile	0,85	—	—
	100,11.	98,32	100,25.

Varrentrapp berechnet aus seinen Analysen folgende chemische Formel:

$$\left.\begin{matrix} Mg^3 \\ \dot{F}e^3 \end{matrix}\right\} \dddot{S}i + \overset{\dots}{Al}\dddot{S}i + 2\dot{M}g\dot{H}^2$$

Diese Zusammensetzung unterscheidet sich gar nicht von der des Klinochlors von Pennsylvanien.

Mit Ausnahme des Chlorits von Schwarzenstein (Ripidolith v. Kobell), werde ich mich hüten meine Vergleiche auf die anderen Species des Chlorits auszudehnen, denn wenn man ein Mal das monoklinoëdrische System für das Achmatowskische Mineral bestimmt, so werden diese Vergleiche unmöglich, weil man dann nicht wissen kann, zu welcher Krystallreihe die Flächen gehören, deren Neigungen zur Spaltungsfläche von verschiedenen Mineralogen gemessen waren. Ich beschränke mich blofs hier zu bemer-

1) Journal für praktische Chemie von O. L. Erdmann und R. F. Marchand, 1839, Bd. XVI, S. 470.

2) Gustav Rose, Reise nach dem Ural und Altai, 1842, Bd. II, S. 127. Pogg. Ann Bd. XLVIII, S. 189.

3) *Ann. de Chim. Bd. X, p.* 430.

ken, dafs bisher kein einziger Winkel, welchen Fröbel und Decloizeaux an dem Pennin gemessen haben, sich in den Reihen der Winkel des Klinochlors von Achmatowsk findet. Dasselbe gilt auch für den Kämmererit. Die sonderbare Aehnlichkeit der monoklinoëdrischen Krystalle des Achmatowskischen Klinochlors mit den Combinationen des hexagonalen Systems müssen jedenfalls auf die Krystallisation mehrerer anderer hierher gehörigen Mineralien ein neues Licht werfen, weshalb es zu wünschen bleibt, dafs an den Krystallen dieser Mineralien eine ganz vollständige Revision unternommen werden möge.

Sobald es sich um die optischen Eigenschaften handelt, so sind unsere Krystalle in dieser Hinsicht fast gar nicht untersucht worden. Ich kann nur anführen, dafs die dünnen Lamellen des Achmatowskischen Klinochlors, in der Turmalinzange das Licht durchscheinen lassen, wenn die Axen der Turmalinplatte rechtwinklig sind. Durch diese Eigenschaft unterscheidet er sich ebenfalls nicht von den optisch zweiaxigen Krystallen. Der gröfsten Wahrscheinlichkeit nach, kann man indessen voraussetzen, dafs die optischen Eigenschaften der Achmatowskischen Krystalle identisch sind mit denen aus Pennsylvanien. In diesen letzteren (deren basisches Pinakoïd von der Figur eines Dreiecks ist) hat W. P. Blake[1]) gefunden, dafs die beiden optischen Axen in der Ebene liegen, die rechtwinklig zu der Spaltungsfläche ist und auch rechtwinklig zu einer Seite des Dreiecks des basischen Pinakoïds. Daher ist es möglich, dafs die Ebene der optischen Axen unser klinodiagonaler Hauptschnitt ist. Nach Blake's Beobachtungen ist eine der optischen Axen zur Spaltungsfläche geneigt unter dem Winkel $= 27^\circ\ 40'$ und die andere unter $58^\circ\ 13'$, folglich bilden die optischen Axen unter sich die Winkel von $85^\circ\ 53'$ und $94^\circ\ 7'$.

W. P. Blake hat in demselben Stücke ein anderes System der optischen Axen beobachtet, deren Ebene gegen

1) Sill. Am. Journ. Bd. XII, S. 339. — Jahresbericht, herausgegeben von Justus Liebig nnd Herrmann Kopp, für 1851, S. 806.

die Ebene der vorhergehenden optischen Axen geneigt war unter dem Winkel $= 60^\circ\ 0'$, weshalb er mit Recht auf eine Zwillingsbildung schlofs. Aus dieser Beobachtung geht auch hervor, das einige Klinochlor-Krystalle solche Zwillinge sind, in welchen die Zusammensetzungsfläche beider Individuen die Fläche $+\frac{3}{2}P$ ist.

Resultate der an Krystallen des Klinochlors von Achmatowsk ausgeführten Messungen.

Ich habe mehrere Messungen an verschiedenen kleinen Krystallen mit Hülfe des Mitscherlich'schen Goniometers angestellt, das mit *einem* Fernrohre versehen war. Hier folgen die erhaltenen Resultate.

Am Krystall No. 1.

$M:P = 113^\circ\ 57\frac{1}{4}'$
113 $57\frac{1}{2}$
113 58
113 $58\frac{3}{4}$
113 $57\frac{1}{2}$
113 $57\frac{1}{2}$
113 $58\frac{1}{4}$
113 58
113 58
113 $58\frac{3}{4}$
113 58
113 58
im Mittel $= 113^\circ\ 58'$ [1])

Am Krystall No. 2.

$M:P = 113^\circ\ 55'$
113 $56\frac{1}{2}$
113 $55\frac{3}{4}$
113 58
113 $54\frac{1}{4}$
im Mittel $= 113^\circ\ 56'$

Am Krystall No. 4.

$M:P = 113^\circ\ 55\frac{1}{2}'$
113 57
im Mittel $= 113^\circ\ 56\frac{1}{4}'$.

Diese Werthe mufs man als sehr befriedigend betrachten und der Fehler, der bei den Messungen entstehen konnte, kann aller Wahrscheinlichkeit nach auf 5 Minuten angenommen werden, und vielleicht als noch geringer.

Wenn man den mittleren Werth des Winkels aus den, für die Krystalle No. 1, No. 2 und No. 4 erhaltenen Gröfsen nimmt, d. h. aus den Gröfsen:

1) Die Neigung der Nachbarfläche M zum basischen Pinakoïd P betrug beständig $114^\circ\ 0'$ bis $114^\circ\ 3'$. Da jedoch das reflectirte Bild hier weniger deutlich war als in dem vorhergehenden Falle, so habe ich diesem Resultate keine besondere Rücksicht gewidmet.

No. 1) 113° 58′
No. 2) 113° 56′
No. 3) 113° 56¼′

so resultirt der mittlere Werth:

$M : P = 113° 56\frac{3}{4}'$.

Am Krystall No. 1.	Am Krystall No. 2.
$M : M$ = 125° 40′	$M : M$ = 125° 37′
125 40	125° 37
125 36	im Mittel = 125° 37′
125 36	
125 40	
125 36	
im Mittel = 125° 38′	

Diese Messungen sind ebenfalls ziemlich gut, besonders für den Krystall No. 2.

Der mittlere Werth aus

No. 1) 125° 38′
No. 2) 125° 37

ist gleich

$M : M = 125° 37\frac{1}{2}'$.

Am Krystall No. 3.

$o : P$ = 102° 6½′
102 6½
im Mittel = 102° 6½′

Am Krystall No. 5.

$o : P$ = 102° 6′.

Den Messungen des Krystalls No. 3 mufs man den Vorzug geben. Im Allgemeinen aber sind diese beiden Messungen, obgleich ziemlich gut (vorzüglich für solche Krystalle wie die Krystalle der glimmerartigen Mineralien) doch weniger genau als die vorhergehenden ($M : P$ und $M : M$). Dasselbe mufs sich auch auf der gröfsten Anzahl folgender Messungen beziehen.

Wenn man den mittleren Werth des Winkels für die

Krystalle No. 3 und No. 5, d. h. für die folgenden Gröfsen nimmt:

No. 3) $102^\circ\ 6\frac{1}{2}'$
No. 5) $102^\circ\ 6'$,

so erhält man als mittleren Werth:

$$o : P = 102^\circ\ 6\tfrac{1}{4}'$$ [1]).

Am Krystall No. 3.	Am Krystall No. 2.
$n : P = 118^\circ\ 28'$ [2])	$n : t = 124^\circ\ 32'$
Am Krystall No. 6.	Am Krystall No. 3.
$t : P = 108^\circ\ 11'$	$n : t = 124^\circ\ 32'$
Am Krystall No. 2.	Am Krystall No. 4.
$M : t = 124^\circ\ 3\frac{1}{2}'$ [3])	$n : t = 124^\circ\ 30'$

Wenn man den erhaltenen mittleren Werth des Winkels für die Krystalle No. 2, No. 3 und No. 4 berechnet, so erhält man:

$$n : t = 124^\circ\ 31\tfrac{1}{3}'$$

Am Krystall No. 4.

$x : P = 125^\circ\ 4'$
$125\ \ 4$
im Mittel $= 125^\circ\ 4'$

Dieser Winkel war ziemlich gut gemessen.

Am Krystall No. 7.

$d : P = 119^\circ\ 5'$
$i : m = 150^\circ\ 0'$.

1) Es wäre zu wünschen, dafs dieser Winkel, welcher einer von denen ist, die zur Berechnung der Axenverhältnisse dienen, besser gemessen würde, als ich es habe thun können.

2) Fast denselben Winkel habe ich im Krystall No. 2 erhalten.

3) Fast denselben Winkel gab Krystall No. 3.

VII. *Ueber das Krystallisationssystem des Datolith;* *von* F. H. Schröder,

Collaborator am Gymnasium Andreanum zu Hildesheim.

Im 93. Bande dieser Annalen findet sich eine Abhandlung des Hrn. Dr. Hefs über den Andreasberger Datolith, der mich veranlafst, hier auszugsweise und in neuer Bearbeitung nochmals eine Arbeit zu veröffentlichen, welche ich vor $1\frac{1}{2}$ Jahr in der »Berg- und Hüttenmännischen Zeitung 1853, No. 19 und 20« veröffentlicht habe. Es stand mir zu meinen Messungen eine sehr reiche Reihe von Andreasberger Datolithen aus der Sammlung des Hrn. Bergamtsassessor Römer zur Disposition. Die Hauptformen theile ich in Fig. 3 bis 11 Taf. V, zum Theil mit beigefügter Horizontalprojection Fig. 3ª, 6ª etc. mit. Die Darstellung ist so gewählt, dafs bei den Hauptfiguren die Axe b auf den Beschauer gerichtet ist, weil hierbei die monoklinoëdrische Entwickelung des Systems besser hervortritt. Die Schiefendfläche b ist häufig kenntlich an kleinen dreieckigen Vertiefungen, die sich auf keiner anderen Fläche zeigen. Die Form und Lage dieser Dreiecke (ziemlich spitze, gleichschenkliche Dreiecke, die Basis parallel der Kante $s:b$, die Spitze nach der Seite der e gerichtet) ist in der Horizontalprojection Fig. 10ª angedeutet.

Setzen wir, wie gewöhnlich, $s = a:\infty b:\infty c$ und $b = \infty a:\infty b:c$, nehmen aber P nicht $= a:b:c$, sondern $= 2a:2b:c$, so gruppiren sich die Flächen wie folgt:

$s = a:\infty b:\infty c$ $b = \infty a:\infty b:c$	Hexaïdflächen
$f = a:b:\infty c$ $o = \infty a:b:c$ $a = +a:\infty b:c$ $x = -a:\infty b:c$	Dodekaïd
$q = +a:b:c$	Oktaïdflächen
$g = \frac{1}{2}a:b:\infty c$ $d = \infty a:b:\frac{1}{2}c$ $\gamma = +\frac{1}{2}a:\infty b:c$	Flächen des Pyramidenhexaïds $[\frac{1}{2}a:b:\infty c]$

$t = \frac{1}{3}a : b : \infty c$	Flächen des Pyramidenhexaïds
$y = + a : \infty b : \frac{1}{3}c$	$[\frac{1}{3}a : b : \infty c]$
$z = - a : \infty b : \frac{1}{4}c$	Fläche des Pyramidenhexaïds $[\frac{1}{4}a : b : \infty c]$
$P = + a : b : \frac{1}{2}c$	Flächen des Ikositetraïds
$a = - a : b : \frac{1}{2}c$	$[\frac{1}{2}a : b : c]$
$e = -\frac{1}{2}a : b : \frac{1}{2}c$	Flächen des Ikositetraïds
$\beta = + a : \frac{1}{2}b : \frac{1}{2}c$	$[\frac{1}{2}a : \frac{1}{2}b : c]$
$u = +\frac{1}{3}a : \frac{1}{2}b : \frac{1}{2}c$	Flächen des Ikositetraïds
$\delta = + a : \frac{1}{2}b : \frac{1}{4}c$	$[\frac{1}{3}a : \frac{1}{2}b : \frac{1}{2}c)$ und der Hexakis-
$m = -\frac{1}{4}a : b : \frac{1}{2}c$	oktaïde $[\frac{1}{4}a : \frac{1}{2}b : c]$ und
$l = -\frac{1}{3}a : b : \frac{1}{2}c$	$[\frac{1}{3}a : \frac{1}{2}b : c]$

Einige nicht sicher zu bestimmende schwache und meistens matte Abstumpfungen der Kanten $\beta : e$, $d : o$, $b : e$ eignen sich nicht zur Mittheilung. Einige der obigen Flächen, namentlich die Säulenflächen $t = \frac{1}{3}a : b : \infty c$ sind, so viel ich weifs, neu; einige anderweitig bekannte Flächen, die ich hier nicht mit aufführe, dienen zu einer passenden Ergänzung der oben angeführten Formen. Unter den mitgetheilten Combinationen ist wohl namentlich Fig. 11 neu, wo recht nette, kleine Krystalle durch die matten *d* und die glänzenden *s* gebildet waren, mit Abstumpfung der Kanten durch die glänzende *P* und die etwas matte *m*, mitunter auch noch durch andere von den oben aufgeführten Flächen. Die Gruppirung der Flächen zu Zonen zeigt sich noch besonders deutlich in den beiden Projectionen nach der Neumann'schen Methode (Fig. 12) und nach der Quenstedt'schen Methode (Fig. 13).

Der Bestimmung der Winkel stellt sich ein bedeutendes Hindernifs entgegen. Zwar sind die meisten Flächen glänzend, so dafs die Messung mit Hülfe des Reflexionsgoniometers, soweit es zur Bestimmung der Flächen nothwendig ist, durchaus keine Schwierigkeit macht; aber gerade bei den scheinbar am schönsten und regelmäfsigsten ausgebildeten Krystallen findet man auf vielen Flächen doppelte nnd sogar dreifache Bilder, gewöhnlich etwa 10′ von einander entfernt, und auf anderen Flächen freilich nur ein-

fache Bilder, aber so, dafs die Flächen, welche parallel seyn müfsten, Winkel bis zu 20′ mit einander bilden, oder so, dafs zwei entsprechende Winkel, z. B. die Winkel der beiden Flächen einer Hemipyramide gegen die Projectionsebene oder gegen die vordere Hexaïdfläche $t = a : \infty b : \infty c$ ähnliche Differenzen zeigen.

Am besten lassen sich diese Erscheinungen in der Säule beobachten, indem hier gewöhnlich die parallelen Flächen mit ausgebildet sind. So zeigte sich an dem Krystall Fig. 10 die eine Hälfte der Säule gegen die andere um 9′ gedreht. In der einen Hälfte zeigte sich aber auf einer f und einer g ein schwaches Nebenbild, welches dem Bilde auf der parallelen Fläche in der anderen Hälfte entsprach. Durch eine ungenügende Centrirung des Krystalls könnte ein ähnliches Resultat, wenn auch nicht so scharf ausgeprägt, hervorgerufen werden; gegen eine solche Erklärung sprechen aber die Nebenbilder. In anderen Zonen und an anderen Krystallen zeigten sich ähnliche Erscheinungen, die sich aber wegen unvollständiger Ausbildung der Flächen u. s. w. nicht immer vollkommen aufklären liefsen. Sämmtliche Winkel in einer Zone sind aufser durch die Ableitungszahlen der Flächen noch durch zwei constante Gröfsen bestimmt (Meine »Elemente der rechnenden Krystallographie, Clausthal 1852«, §. 77), und es würden hiernach die Winkel z. B. in der Zone s, P, δ, d, e, l, m sehr gut zu controliren seyn, aber die d und e sind zu matt, die anderen Flächen aufser der glänzenden s und P etwas matt und sehr klein, und aufserdem zeigen nicht selten alle oder fast alle Flächen doppelte Bilder.

Wollte man zur Bestimmung der Elemente des Krystalls an jedem Krystall drei passende Winkel mit möglichst grofser Genauigkeit messen, so würde man zu der Annahme kommen, dafs höchst verschiedene Winkel vorkämen. Mifst man aber an jedem Krystalle mehrere Winkel, so erkennt man bald, dafs etwanige Schwankungen der Elemente gegen die sonstigen Unregelmäfsigkeiten vollkommen verschwinden, und wir nehmen deshalb hier den Grundsatz an, dafs

die Elemente der untersuchten Krystalle vollkommen gleich sind. Derartige Verschiebungen, wie die oben angegebenen, dürfen nicht befremden, wenn man beachtet, wie in einer Druse benachbarte Krystalle oft fast genau in derselben Lage sind, so dafs bei weiterer Ausbildung zwei und mehr Krystalle zu einem einzigen verschmelzen müssen, der aber dann ähnliche Unvollkommenheiten wie die oben angegebenen zeigen mufs. Es würde interessant seyn in Rücksicht auf diese Hypothese die Krystalle näher zu untersuchen, hierzu sind aber sehr genaue Messungen erforderlich, während das von mir gebrauchte Reflexionsgoniometer älterer Construction mit Hülfe des Nonius nur auf zwei Minuten getheilt war, so dafs noch einzelne Minuten abzuschätzen waren.

Für die Rechnung ist es in der Regel am bequemsten, die Winkel, wie man sie am Reflexionsgoniometer abliest, d. h. die Nebenwinkel der in Rede stehenden Kantenwinkel anzugeben, und es sind deshalb im Folgenden immer diese Winkel zu verstehen, wo nicht ausdrücklich das Gegentheil angegeben ist. Die Polkantenwinkel der Hemipyramiden und die vorderen Kantenwinkel der Prismen werden durch die Axenebene ac, d. h. durch die (an den hier untersuchten Krystallen nicht vorkommende) Fläche $u = \infty a : b : \infty c$ halbirt. Der Nebenwinkel z. B. von $u : f$ ist demnach gleich der Hälfte des vorderen Kantenwinkels $f : f$. Es ist deshalb zweckmäfsig, die Winkel gegen u anzugeben, wenn auch diese Fläche hier nicht vorkommt.

Wegen der Wahl der Winkel, auf welche die Berechnung zu basiren ist, sage ich in der angeführten Arbeit:

»Der Winkel $s : b$, d. h. der Nebenwinkel, ist $= 89^0 40'$, also der Neigungswinkel der positiven Axen a und c gegen einander $\varepsilon = 90^0 20'$. Bei manchen Krystallen scheint $s : b = 89^0 54'$ zu seyn, aber man findet dann mit seltenen Ausnahmen ein schwaches aber sehr deutliches Nebenbild auf b, welches dem Winkel $89^0 40'$ entspricht. Es ist ferner $s : \gamma = 26^0 26'$, $s : a = 44^0 47'$.«

»Der Winkel $u : f$ ist $= 38^0 19'$, und $u : g = 57^0 40'$,

freilich nicht selten mit ähnlichen Störungen wie die oben angegebenen.«

»Die Winkel $b:d$ und $b:o$ sind wegen der Beschaffenheit der Flächen d und o selten mit hinreichender Genauigkeit zu messen. Bei einem Krystalle, wo diese Flächen d einigermafsen hell waren, wurde die Messung unzuverlässig durch doppelte Bilder auf b.«

»Der Winkel $b:P$ ist $= 38^0\,52'$. An den Krystallen, wo das stärkere Bild auf b gegen s den Winkel $89^0\,54'$ zeigte, war $b:P = 38^0\,58'$. An denselben Krystallen waren aber auch Störungen in der Säule, und wir sehen deshalb diesen Unterschied in dem Winkel $b:P$ als Folge der angegebenen Verschiebungen an.«

Aus diesen Annahmen leite ich dann a. a. O. mit Hülfe der Formeln aus meinen *Elementen der rechnenden Krystallographie* als wahrscheinliche Werthe ab

$$\varepsilon = 90^0\,19'$$
$$a = 0{,}9976$$
$$b = 0{,}7882$$

woraus die dort angegebenen Winkel folgen, welche hinreichend mit den beobachteten Winkeln unter Berücksichtigung der oben erwähnten Störungen stimmen.

Durch die Arbeit des Hrn. Dr. Hefs veranlafst, der den Winkel $\varepsilon = 90^0$ annimmt, habe ich meine früheren Messungen nochmals revidirt, und glaube jetzt, dafs die oben angegebenen Winkel so zu deuten sind, dafs $s:b = 89^0\,54'$ und demnach $b:P:38^0\,58'$ als die richtigen Winkel anzusehen sind, und dagegen $89^0\,40'$ und $38^0\,52'$ als Resultat der Verschiebung.

Nehmen wir dann noch dazu den zu demselben Systeme von Beobachtungen gehörenden beobachteten Winkel $s:P = 67^0\,0'$, so haben wir zur Bestimmung der Elemente die 7 Winkel

$$\varepsilon = 90^0 \quad 6'$$
$$s:a = 44 \quad 47$$
$$s:\gamma = 26 \quad 26$$
$$u:f = 38 \quad 19$$

$$u:g = 57\ \ 40$$
$$b:P = 38\ \ 58$$
$$s:P = 67\ \ \ 0$$

Es folgen hieraus nach meinen *Elementen der rechnenden Krystallographie* §. 65 die Formeln

I. $\varepsilon = 90^\circ\ 6'$

II. $\operatorname{cotg} 44^\circ\ 47' = \frac{1}{a} - \cos\varepsilon$

III. $\operatorname{cotg} 26\ \ 26 = \frac{2}{a} - \cos\varepsilon$

IV. $\operatorname{cotg} 38\ \ 19 = \operatorname{cotg}\lambda \qquad \operatorname{cotg}\lambda = \frac{a\sin\varepsilon}{b}$

V. $\operatorname{cotg} 57\ \ 40 = \frac{1}{2}\operatorname{cotg}\lambda$

VI. $\operatorname{cotg} 38\ \ 58 = \frac{(a^2 - \frac{1}{2}a.\cos\varepsilon).\operatorname{tg}\lambda}{\sqrt{\frac{1}{4}a^2 + \frac{1}{4}b^2}} = \frac{(2a^2 - a\cos\varepsilon)\operatorname{tg}\lambda}{\sqrt{a^2+b^2}}$

VII. $\operatorname{cotg} 67\ \ \ 0 = \frac{(\frac{1}{2} - a\cos\varepsilon)\operatorname{tg}\lambda}{\sqrt{\frac{1}{4}+b^2}}.$

Wenn die Winkel vollkommen richtig wären, so würden drei von diesen Gleichungen zur Bestimmung der drei Unbekannten genügen, am besten I, II und IV; bei den unvermeidlichen Fehlern in den Winkeln geben aber im Allgemeinen je drei Gleichungen auch drei verschiedene Werthe. Die Methode der kleinsten Quadrate anzuwenden verlohnt sich hier nicht der Mühe, und aufserdem ist es hier nicht leicht, das Gewicht der einzelnen Winkel zu bestimmen. Die Winkel IV und V sind als fast absolut richtig anzusehen, ebenso ε, wenn wir einmal zwischen den beiden beobachteten Werthen gewählt haben. Die Winkel II und III sind nach den besten Beobachtungen gewählt; müssen sie aber verändert werden, d. h. sind Störungen anzunehmen, so können sie nach den sonstigen Messungen nur gröfser, keinenfalls kleiner genommen werden. Die Winkel VI und VII können möglicherweise um 1 bis 2 Minuten zu grofs oder zu klein seyn. Wir wenden deshalb eine indirecte Rechnung an.

Es ist nach IV $\lg\operatorname{cotg}\lambda = 0{,}10225$

nach V $\lg\operatorname{cotg}\lambda = 0{,}10243$.

Bei

Bei beiden Winkeln verändert sich lg cotg ziemlich gleichmäfsig bei gleicher Veränderung des Winkels. Wir nehmen also als wahrscheinlichsten Werth das arithmetische Mittel

$$\lg \operatorname{cotg} \lambda = 0{,}10234.$$

Da ε sehr nahe $= 90^\circ\ 6'$ ist, so ist $\lg \sin \varepsilon = 9{,}999999$. Wir können also in dem Product $a \sin \varepsilon$ unbedenklich $\sin \varepsilon = 1$ setzen, und also

$$\operatorname{cotg} \lambda = \frac{a}{b}.$$

Aus VI folgt nun

$$\operatorname{cotg} 38^\circ\ 58' = \frac{(2a - \cos \varepsilon)\, b}{\sqrt{a^2 + b^2}} = \frac{2a - \cos \varepsilon}{\sqrt{1 + \frac{a^2}{b^2}}}$$

$$= (2a - \cos \varepsilon) \sin \lambda.$$

Aus dieser Gleichung und den Gleichungen I, II und III folgt:

$$- \cos \varepsilon = 0{,}00175$$

$$\frac{1}{a} - \cos \varepsilon = 1{,}00759$$

$$\frac{2}{a} - \cos \varepsilon = 2{,}01155$$

$$2a - \cos \varepsilon = 1{,}9944.$$

Nehmen wir zunächst $\cos \varepsilon$ als sicher an, so folgt aus den drei anderen Gleichungen:

$$\frac{1}{a} = 1{,}00584$$

$$\frac{2}{a} = 2{,}00980 \text{ also } \frac{1}{a} = 1{,}00490$$

$$2a = 1{,}99265 \text{ also } \frac{1}{a} = 1{,}00369$$

$$\frac{3}{a} = 3{,}01443$$

$$\text{also durchschnittlich } \frac{1}{a} = 1{,}00481.$$

Dieser Weg von $\frac{1}{a}$ ist zu gebrauchen, weil dadurch nicht nur die Winkel nicht bedeutend verändert werden, sondern

auch $s:a$ und $s:\gamma$ dadurch gröfser werden. Es ist hiernach . . . . $a = 0{,}99521$

$$\lg a = 9{,}99792$$

Es ist $\lg \operatorname{cotg} \lambda = \lg \frac{a}{b} = 0{,}10234$

$$\lg b = \overline{9{,}89558} \qquad b = 0{,}78629.$$

Es ist nach diesen Elementen und nach den Gleichungen I bis VII

		$\varepsilon = 90^\circ\ 6'$
$\operatorname{cotg} s:a = 1{,}00656$	also	$s:a = 44\ \ 49$
$\operatorname{cotg} s:\gamma = 2{,}01137$		$s:\gamma = 26\ \ 26$
$\lg \operatorname{cotg} u:f = 0{,}10234$		$u:f = 38\ \ 18\frac{1}{2}$
$\lg \operatorname{cotg} u:g = 9{,}80131$		$u:g = 57\ \ 40\frac{1}{2}$
$\lg \operatorname{cotg} b:P = 0{,}09167$		$b:P = 39\ \ \ 0$
$\lg \operatorname{cotg} s:P = 9{,}62882$		$s:P = 66\ \ 57$

Die Uebereinstimmung dieser Winkel mit den beobachteten läfst die angenommenen Elemente

$$\varepsilon = 90^\circ\ 6'$$
$$a = 0{,}99521$$
$$b = 0{,}78629$$

als ziemlich sicher erscheinen. Eine Tabelle über sämmtliche, hiernach zu berechnende Winkel, die übrigens nicht wesentlich von der in der Berg- und Hüttenm. Zeitung mitgetheilten abweichen würde, theile ich jetzt nicht mit, weil ich beabsichtige, im nächsten Sommer mit Hülfe eines besseren Goniometers die untersuchten Krystalle nochmals einer schärferen Prüfung zu unterwerfen, woraus sich voraussichtlich noch kleine Veränderungen von 1 bis 2 Minuten in einigen Winkeln, z, B. $s:P$ und dgl., ergeben werden. Das eine Resultat ist aber nach den obigen Berechnungen als sicher anzunehmen, dafs ε nahe $= 90^\circ$ und auch die Axe a nahe $= c$ ist (dies der Grund, weshalb wir nicht die P sondern die q als zum Octaïd gehörig angenommen haben), aber dafs doch der Datolith entschieden monoklinoëdrisch ist. Ich wiederhole in dieser Hinsicht, was ich a. a. O. hierüber schon in Bezug auf meine frühere [illegible]ung gesagt habe:

»Nach den angegebenen Unregelmäfsigkeiten in den Winkeln könnte man freilich in Versuchung kommen, $\varepsilon = 90^\circ$ anzunehmen, und somit den Datolith als rhombisch mit parallelflächiger Hemiëdrie anzusehen. Dann mufs aber (in Bezug auf das ganze System der Winkel in den verschiedenen Zonen) a etwas gröfser genommen werden, und es wäre in diesem Falle durchaus keine bedeutende Abweichung von den Messungen, wenn man $a = c$ nähme. Dann hätten wir es also mit einer parallelflächigen Tetartoëdrie des quadratischen Systems zu thun. Die Fläche u wäre als Geradendfläche (obere Hexaïdfläche) anzusehen, die Flächen t, g, f, d, o als hemiëdrische und die P, e, l, m etc. als tetartoëdrische Formen von resp. vierseitigen und achtseitigen Pyramiden etc. So lange nicht genaue vollständige Winkelmessungen an denselben Krystallen bestimmt nachweisen, dafs der Datolith rhombisch ist, bleibt demnach eine derartige Annahme unzulässig. Auffallend wäre es dann freilich, dafs bei den hier untersuchten Krystallen immer der Neigungswinkel so bedeutend kleiner als 90° war.«

» . . . . Die Differenzen von den Angaben nach Levy $b:s = 91^\circ\ 41'$, $f:f = 77^\circ\ 30'$ etc. sind so bedeutend, dafs man den Andreasberger Datolith fast als specifisch verschieden von demjenigen ansehen mufs, den Levy untersucht hat. Krystalle von anderen Fundorten standen mir nicht zu Gebote, und es kann deshalb die Frage, ob verschiedene Arten des Datolith anzunehmen seyen, hier nicht weiter behandelt werden.«

Vergleichen wir hiermit die Untersuchungen des Hrn. Dr. Hefs, so scheinen dieselben zunächst mehr Vertrauen zu verdienen, weil die Messungen mit Hülfe eines sehr vollkommenen Instruments angestellt sind; aber gröfsere Unterschiede als 2 bis 3 Minuten bei sehr gut spiegelnden Flächen und 6 Minuten bei solchen, die weniger gut spiegelten, allein doch noch so, dafs sie zu Messungen mit dem Fernrohre geeignet wären, habe ich selten bei meinen Messungen mit unbewaffnetem Auge mit einem Instrumente

nach der ursprünglichen Wollaston'schen Construction, nur noch mit einem Spiegel behufs Darstellung einer Visirlinie, gehabt, wenn ich genau messen wollte. Die directen Messungen des Hrn. Dr. Hefs würde ich ohne Bedenken in mein Beobachtungsjournal aufnehmen, nur mufs ich auf einen Umstand aufmerksam machen. An den Krystallen B und C sind nur je drei resp. zwei Winkel gemessen, es ist also gar nicht zu entscheiden, ob nicht die mehrfach besprochenen Störungen hier einwirken. Uebrigens kann ich auch aus meinen directen Beobachtungen anführen, dafs ich allerdings unter meinen Messungen einmal $b:s = 90^\circ\ 1'$ gefunden habe, aber diese Fläche s war mit der Gegenfläche nicht parallel. Eine ähnliche Bildung liegt offenbar im Krystalle B vor. Der Winkel $b:s$ am Krystalle A pafst zu meiner Annahme. (Ich benutze die von mir gebrauchten Bezeichnungen der Flächen).

Aus $b:a = 45^\circ\ 5'$ folgt bei $s = 90^\circ\ 6'$

$$s:a = 44^\circ\ 49'$$

übereinstimmend mit dem Resultat meiner Berechnung. Die Winkel $b:P$ stimmen hinreichend mit meiner Angabe und Berechnung, desgleichen $g:g = 64^\circ\ 38',8$, also $\frac{1}{2}(g:g) = 32^\circ\ 19',4$, d. h. $u:g = 57^\circ\ 40'\frac{1}{2}$. Für den Winkel $u:P$ folgt aus meinen Berechnungen in vollkommener Uebereinstimmung mit meinen Beobachtungen der Werth $59^\circ\ 11'$. Desgleichen folgt aus meinen Berechnungen $b:d = 32^\circ\ 27'$ in Uebereinstimmung mit der einzigen brauchbaren Messung der sonst matten Flächen d

$$b:d = 32^\circ\ 28'.$$

An diesem Krystall zeigte sich eine interessante Verschiebung. Es waren nämlich auf den beiden Flächen d_1 und d_2 die Winkel gegen $b = 32^\circ\ 28'$, dagegen zeigte sich ein schwarzes Nebenbild auf b

$$b:d_1 = 32^\circ\ 19'$$

$$b:d_2 = 32\ \ 37$$

also beide um 9' verschoben. Eine ähnliche Verschiebung scheint an dem Krystall C des Hrn. Dr. Hefs vorzukommen, wo $b:d = 32^\circ\ 20',5$ angegeben ist.

Die Untersuchung des Hrn. Dr. Hefs ist mir demnach

eine Bestätigung meiner Berechnung, namentlich bei dem oben angenommenen Werth von ε. Ein krystallographischer Unterschied der durchsichtigen und undurchsichtigen Datolithe scheint mir nicht zu existiren, wenigstens verschwindet derselbe vorläufig gegen die sonstigen Unregelmäfsigkeiten, und könnte derselbe höchstens Differenzen von vielleicht 1' in dem einen oder anderen Winkel hervorrufen.

Für fernere Untersuchungen des Datoliths, wie übrigens für fast alle Mineralien, wiederhole ich ausdrücklich, dafs Messungen behufs Bestimmung der Elemente des Krystalls über eine so grofse Anzahl von Winkeln an einem und demselben Krystalle auszudehnen sind, dafs man sicher ist, keine Resultate von Verschiebungen gemessen zu haben. Derartige Messungen werden mitunter nachweisen, dafs in einem scheinbar einfachen Krystall die Flächen von zwei verschiedenen Individuen, sehr wenig gegen einander verschoben, abwechselnd auftreten, wie ich es oben schon für den Krystall Fig. 10 angedeutet habe, und was ich im nächsten Jahre mit Hülfe genauerer Messungen an demselben Krystall als sicher nachzuweisen hoffe. Eine Schwankung des Axenwinkels ε beim Datolith um 90° herum lassen weder meine Messungen noch die mitgetheilten des Hrn. Dr. Hefs anerkennen.

Endlich mufs ich noch darauf aufmerksam machen, dafs es gar nicht einzusehen ist, weshalb nicht der Axenwinkel bei monoklinoëdrischen Systemen nahe $= 90°$ seyn soll, und dafs es als Willkür erscheint, bei genauen Beobachtungen und bei Berechnung der Axenverhältnisse mit Hülfe der Methode der kleinsten Quadrate, einen Axenwinkel von beinahe 90° ohne Weiteres $= 90°$ anzunehmen. Da mufs die Methode der kleinsten Quadrate auch auf die Berechnung dieses Winkels mit ausgedehnt werden, wenn nicht die Resultate einen falschen Schein von Genauigkeit haben sollen. Eine solche Rechnung ist freilich mühsamer, aber nur unter dieser Bedingung ist die Anwendung der genannten Methode zulässig.

VIII. *Die grüne Farbe der oxalsauren Eisenoxyd-Alkalien und die weiſse der Eisenoxyd-Alaune;* *von W. Haidinger.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf aus den Sitzungsber. d. Wien. Acad. Dec. 1853.)

Gewiſs unzählige Male hat das Löthrohr die Gegenwart des Eisens bewiesen, durch die rothe Farbe der von dem Oxyd gefärbten Perle in der äuſseren Flamme, gelb beim Erkalten und bei geringerem Percentalgehalt, und durch die wenig lebhafte grüne Farbe der von dem Oxydul gefärbten Perle in der inneren Flamme. Uebereinstimmend sind zahlreiche Eisenoxydsalze oder Eisenoxydverbindungen überhaupt roth oder gelb; das Eisenoxyd selbst, Eisenglanz, Hämatit, ist roth, wenigstens als Pulver. Wie sehr muſste es nicht jeden Chemiker überraschen, auf einmal in den Verbindungen von Oxalsäure mit Eisenoxyd und Kali, oder Natron, oder Ammoniak schöne grasgrün gefärbte Krystalle zu sehen.

Die Farbe, als Ergebniſs des Gehaltes an irgend einem färbenden Metallstoffe, war auch für mich längst Gegenstand der Aufmerksamkeit; sie war Gegenstand schriftlicher Erörterungen zwischen meinem hochverehrten Freunde Hrn. Prof. Scheerer in Freiberg und mir; sie war Veranlassung, daſs er mir den Mausit mittheilte, der in der Richtung der Axe der regelmäſsigen sechsseitigen Prismen roth, senkrecht auf der Axe ölgrün erscheint. Bei genauerer Vergleichung fand ich, daſs diese beiden Farben nur der Intensität nach von einander verschieden sind, denn das »Oelgrün« ist doch stets beinahe gelb, durch groſse Verdünnung mit dem Roth in unmittelbarer Reibung [1]).

Eine Bemerkung Scheerer's, im Zusammenhange mit diesem Gegenstande hat mich zu sehr angeregt, als daſs

1) Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften. Juli 1853. Bd. XI, S. 393.

ich nicht wünschen sollte, sie der hochverehrten Classe vorzulegen, als Ausgangspunkt einer grofsen Anzahl von Forschungen, die sich unfehlbar an dieselbe anschliefsen werden.

Er schreibt vom 28. October 1853: »Also das chromatische Verhalten des Mausits in seiner Axen- und Normalaxen- (basischen) Richtung ist eigentlich nur *quantitativ*, nicht qualitativ verschieden! Das ist mir eben so merkwürdig als überraschend. Deine Erklärung dieses Phänomens: ungleiche Vertheilung der Eisenoxyd-Molecule in verschiedenen Richtungen sagt mir vollkommen zu. Aber die grünen Nüancen, welche sich unter gewissen Verhältnissen in das durchgelassene Licht einmischen, bleiben mir immer etwas befremdend, am meisten natürlich bei den grasgrünen oxalsauren Eisenoxyd-Verbindungen. In Betreff dieser letzteren bin ich auf folgenden Erklärungs-Versuch gerathen, den ich hiermit vorlege. Die Oxalsäure ist bekanntlich so zusammengesetzt, dafs man sie aus 1 Atom Kohlensäure CO_3 und 1 Atom Kohlenoxyd CO bestehend betrachten kann. Die atomistische Gruppirung in einem Krystall von oxalsaurem Eisenoxyde kann man sich nun so vorstellen, dafs 1 Atom Sauerstoff des Eisenoxydes Fe_2O_3 sich dabei gewissermafsen der Oxalsäure anschmiegt, das diese dadurch *optisch* zu *Kohlensäure*, das Eisenoxyd aber *optisch* zu (2 Atomen) *Eisenoxydul* wird. Bei der chemischen Zerlegung springt jenes vermittelnde Sauerstoff-Atom sogleich wieder zum Eisenoxydul über, und läfst den Analytiker nur Oxalsäure und Eisenoxyd finden. Kurz es scheint mir, dafs ein Metalloxyd oder überhaupt irgend ein färbender Körper nicht nothwendig mit derselben Gruppirungssymmetrie seiner Atome, die ihm in isolirtem Zustande zukommt, auch in alle seine *Verbindnngen* einzugehen braucht. Die Lichtwellen, welche von rein physischen Gesetzen beherrscht werden, erscheinen als selbst getäuscht durch die mechanische Anordnung der Atome, welche ihren chemischen Verhältnissen nicht entspricht. Darum ist es vorzugsweise, ja fast einzig und allein die

Optik, von welcher wir Aufschlüsse über die innere Architectur der Krystalle zu erwarten haben.«

Wenn einerseits die neuesten Arbeiten und Ansichten eines Séguin über die Gesetze der Cohäsion[1]) im Zusammenhange mit dem Grundgesetze der Gravitation unsere Aufmerksamkeit fesseln, und wichtige Aufschlüsse über Beziehung der Materie überhaupt versprechen, wobei die ungemeine, verschwindende Kleinheit der Theilchen nachgewiesen wird, so fordern andererseits Betrachtungen wie die vorhergehende wohl auf, selbst in dieser kleinsten Welt die Lage ungleichartiger Atome in ihrer nächsten Nähe möglichst zu begreifen. Die Zahl der durch die Chemie bezeichneten Verhältnisse, die Lage fester Punkte durch die Form der Krystalle gegeben, werden dafür immer die Grundlage seyn, aber es wird wichtig, auch die optischen Verhältnisse möglichst mit in das Spiel zu ziehen.

Gewifs ist bei der Auflösung von Krystallen im Wasser ein Zustand vorhanden, in welchem die allerkleinsten Theilchen des Körpers selbst von Theilchen des letzteren umgeben sind, die Säure zum Beispiele bereits mit der Basis combinirt, nicht jedes einzeln. Welche Gruppirung von Elementartheilchen dabei stattfindet, ist freilich eben noch Gegenstand von Hypothesen. Jedes einzelne der mit Wasser zu einem scheinbar gleichförmigen dabei amorphen Ganzen verbundenen Theilchen ist innerhalb des letztern frei beweglich, aber es ist in vielen Fällen ein gewisses Minimum von Wasser unerläfslich. Fehlt eine Quantität von diesem Minimum, so schliefsen sich nach der Natur des aufgelösten Körpers die Theilchen dieses nach gewissen Gesetzen zusammen. Es entsteht der Krystall. *Im Krystall herrscht Ordnung*, jedes einzelne Theilchen bis in das Kleinste steht nach Art und Form an seiner bestimmten Stelle, fest geschlossen in Bezug auf gewisse Erscheinungen der Cohäsion, aber doch hinlänglich durch Entfernungen gesondert, welche für die so mannigfaltigen Erscheinungen im Einflusse des Lichts, der Wärme, der

1) Cosmos von Abbé Moigno. 1853. 3. Bd., 22. Heft.

Elektricität, des Magnetismus erforderlich sind. Heute so wenig, als bei einer früheren Veranlassung [1]) darf ich daran denken, mehr als nur an die verdienstlichen Arbeiten verschiedener Forscher in dieser Richtung zu erinnern, mit dem großen Krystallographen Haüy beginnend, eines Ampère, Gaudin, Baudrimont, Bravais bis zu Delafosse. Auch wage ich es nicht für den schwierigen vorliegenden Gegenstand eine analoge Construction nach allen drei körperlichen Richtungen von der Art derjenigen zu versuchen, welche dort gegeben sind. Aber doch möchte schon ein Bild nicht unangemessen erscheinen, das für das *oxalsaure Eisenoxyd-Kali* und ähnliche Verbindungen dem oben von Scheerer gegebenen wörtlichen Ausdrucke etwas Anschaulichkeit verleiht.

Man denke eine Anzahl von Eisenoxydtheilchen, jedes symmetrisch aus zwei Theilchen Eisen und drei Theilchen Oxygen bestehend; und zwischen je zwei Eisenoxydtheilchen ein Oxalsäuretheilchen ebenfalls symmetrisch, aus zwei Theilchen Kohle und drei Theilchen Oxygen bestehend, in folgender Reihe geordnet:

	C	F	C	F	C	F	
A	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	...
	C	F	C	F	C	F	

Die verticalen Striche stellen die Gränzen der Theilchen vor. Nun lasse man, während die ganze Reihe der Oxygentheilchen unbeweglich bleibt, die begleitenden beiden Reihen von Eisen und Kohle eine Bewegung nach rechts in der Richtung jener Reihe um eine halbe Atomdistanz machen.

	C	F	C	F	C	F	
B	0 0 0 0	0 0	0 0 0 0	0 0	0 0 0 0	0 0	...
	C	F	C	F	C	F	

Wieder erhält man eine symmetrische Anordnung, aber die Kohle, zwei Theile gruppirt mit vier Theilen Oxygen

1) Eine Bemerkung über die Anordnung der kleinsten Theilchen in Krystallen. Sitzungsb. d. kais. Acad. d. Wiss. Mathem.-naturw. Classe. 1853. Bd. X, S. 94.

in dem Verhältnifs der Kohlensäure, das Eisen zwei Theile gruppirt mit zweien in dem Verhältnifs des Eisenoxyduls. Die verticalen Striche stellen wieder die Gränzen der Theilchen vor. So scheint mir Scheerer's Ansicht graphisch deutlich anschaulich gemacht, wenn auch nur durch ein Bild. Die verlangte Ortsveränderung der Elementartheilchen stellt eine Spannung derselben in der Verbindung vor, verschieden von der, welche ihnen aufser jener Verbindung zukommt. Das ist es aber eben, was bei einem Vorgange von der Art des Vorliegenden wohl sicher angenommen werden mufs.

Bekanntlich wird das oxalsaure Eisenoxydkali $3(KO.C_2O_3)+Fe_2O_3.3C_2O_3+6HO$ erhalten, wenn man zweifach oxalsaures Kali bis zur Sättigung mit Wasser und mit Eisenoxydhydrat digerirt[1]). Die Auflösung ist nach der Dicke der Schicht mehr oder weniger hell grasgrün, ebenso die Krystalle, von welchen sich schöne Exemplare in der Sammlung finden, welche Hr. Prof. Ritter von Böttger an die k. k. geologische Reichsanstalt schenkte. Schon früher theilte er mir einige der drei Verbindungen von Oxalsäure und Eisenoxyd mit Kali, Natron und Ammoniak mit. Hr. Schabus untersuchte ihre Krystallformen für seine im verflossenen Sommer von der kaiserlichen Academie der Wissenschaften in Wien gekrönte Preisschrift. Ihre Formen gehören sämmtlich in das augitische Krystallsystem. Im polarisirten Lichte erscheinen sie deutlich dichromatisch, und zwar wird ihre im Ganzen grasgrüne Farbe durch die dichroskopische Lupe erkannt als aus zwei ganz gleichen grasgrünen Tönen und einem gelblichweifsen bestehend, die drei Töne senkrecht auf die drei Elasticitätsaxen polarisirt. Die Auflösung im Wasser zeigt augenscheinlich den Durchschnitts-Farbenton. Hier ist also gewifs keine durch die Bildung der Krystalle erst hervorgebrachte Aenderung in der Stellung der letzten Theilchen von Eisenoxyd und Oxalsäure; jedes einzelne aus dem Krystallzusammenhange losgelöste Aggregat, es möge

1) Berzelius, Lehrb. V. Aufl. 3. Bd., S. 627.

sich wie immer in und mit den Theilchen des Wassers bewegen, verräth unveränderlich denselben Zustand der Gruppirung, wie er sich durch den gänzlich gleichbleibenden Farbenton kund giebt.

Ein anderes Verhältnifs findet bei dem *Eisenoxydkali-Alaun* statt. Aus einer dunkelröthlichgelben Flüssigkeit krystallisirt einerseits der oben erwähnte Mausit Fe_2O_3, $SO_3 + 3(KO)SO_3 + 3HO$, der ganz die Farbentöne zeigt, wie man sie bei Eisenoxydverbindungen gewohnt ist, vom Oelgrünen in dünnen Stellen beginnend durch das Hyacinth- und Blutrothe bis überhaupt gar kein Licht mehr hindurchgeht, andererseits der Eisenoxydkali-Alaun selbst (KO, $SO_3 + Fe_2O_3$, $3SO_3 + 24HO$) zuweilen vollkommen farblos, oder doch nur wenig in das Violette ziehend, ohne Spur einer Eisenoxydfarbe, indem der dem Amethyst so sehr ähnliche Farbenton gewifs, wie es Heintz bereits ausgesprochen hat [1]), von Eisensäure herrührt. Ueberraschend tritt der Gegensatz der Farben hervor, wenn man die mehr farblosen Krystalle mit wenig Wasser in einer Eprouvette über der Spirituslampe in der Siedhitze auflöst, und man nun statt der wasserklaren Krystalle und dem Wasser nur eine dunkel blutrothe Auflösung erhält, die erst durch das Abkühlen wieder heller und gelb wird. Hier findet augenscheinlich ein Unterschied der Gruppirung der Theilchen im Krystalle und in der Auflösung statt. Versucht man die oben bei dem oxalsauren Eisenoxyd-Kali gegebene graphische Darstellung, so gelingt es ebenfalls aus

	F	F	F	F	F	F	
A	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	...
	F	F	F	F	F	F	

durch ein Fortrücken der begleitenden Reihen der Eisentheilchen um eine halbe Atomdistanz, die folgende Gruppirung zu erhalten:

	F	F	F	F	F	F	
B	0 0 0 0	0 0	0 0 0 0	0 0	0 0 0 0	0 0	...
	F	F	F	F	F	F	

1) Berzelius, Lehrbuch V. Aufl. 3. Bd., S. 616.

bei welcher die Hälfte der Eisentheilchen mit je einem, die Hälfte derselben mit je zwei Theilchen Oxyden gemeinsame symmetrisch gruppirte Aggregate bilden. Nun fällt aber die Farbe des Eisenoxyduls in das Grüne, die der Eisensäure in das Violette, die Farben sind nahe oder vollständig complementar, und sie neutralisiren sich in der That vollständig zu farblos, mit Ausnahme etwa in einigen Fällen von etwas Wenigem der violetten Eisensäurefarbe, welche wohl darum dem Auge sichtbar bleibt, weil überhaupt der Alaun eine saure Reaction besitzt. Manchmal erhält man wohl gelblich gefärbte Eisenoxydkalialaun-Krystalle, aber sie sind dann auch nicht ganz klar, und offenbar durch Eisenoxyd, vielleicht in der Form von Mausit, getrübt.

Die hier gegebene Erklärung würde vielleicht ziemlich annehmbar erscheinen, wenn das Eisenoxyd Fe_2O_3 wenigstens in einigen Fällen wirklich als aus Eisenoxydul FeO und aus Hyperoxyd FeO_2 zusammengesetzt betrachtet werden könnte, und wenn überdiefs noch für die Eisensäure nicht die Formel FeO_3, sondern die FeO_2 angenommen würde. Für Beides ist aber längst Hr. Prof. Schönbein in die Schranken getreten [1]) und Hr. Dr. Otto Volger [2]) hat darauf in der Betrachtung der Bildungen und Veränderungen der in der Natur vorkommenden eisenhaltigen Mineralspecies mit grofsem Erfolge fortgebaut. Ich wurde auf die Kenntnifs des ersteren durch Dr. Volger's eben ge-

1) Erdmann und Marchand's Journal für practische Chemie 1846, Bd. 38, S. 81. Obwohl hier Schönbein'sche Ansichten weiteren theoretischen Betrachtungen zum Grunde gelegt wurden, so hat doch dieser geistreiche Chemiker selbst eine ganz andere Theorie der Veränderlichkeit der Farbe der Eisenoxydsalze im Zusammenhange mit denselben entwickelt, auf welche ich hier um so leichter blofs hinweisen darf, als sie sich in dem gegenwärtigen XI. Bande der Sitzungsberichte für 1853, S. 464 befinden. Es wäre unmöglich, sie hier näher zu erörtern; ich erhielt das Heft, welches sie enthält, erst, nachdem meine Mittheilung schon vorgetragen war, aber es scheint mir, dafs sie sich keineswegs widersprechen.

2) Studien zur Entwickelungsgeschichte der Mineralien, Zürich 1854, S. 212

nanntes treffliches Werk geführt, das er mir freundlichst gewidmet, und in dem er so viele scharfe Beobachtungen und werthvolle wissenschaftliche Ansichten niedergelegt hat, ganz in der Richtung, die mir längst als die erfolgreichste erschien, zahlreiche Arbeiten über einzelne Gruppen von Mineralspecies, die er, trefflich ausgerüstet, mit allen Hülfskenntnissen der neuesten Zeit und des neuesten Zustandes der Wissenschaft ausgeführt hat.

Schönbein machte in jener Abhandlung darauf aufmerksam, wie doch die Annahme von Sesquioxyden nur eine conventionelle, und dafs es gar wohl möglich sey, dafs dieselben nur scheinbar in Folge einer obwaltenden, sehr ausgezeichneten Verwandtschaft von Oxydulen RO und Bioxyden (»Hyperoxyden«) RO_2 zu einander existirten, so dafs also R_2O_3 der Formel $RO + RO_2$ gleich ist. Namentlich gilt diefs nach Schönbein für das Eisen, wo also die Formel $FeO + FeO_2$ für möglich gehalten wird. Aufserdem stellt er auch die Formel für die Eisensäure in den Verbindungen so, dafs das Mehr von Oxygen auf die Basis fällt, dafs eisensaurer Baryt zum Beispiel nicht durch BaO, FeO_3 sondern durch BaO_2, FeO_2 ausgedrückt wird.

Vom chemischen Standpunkte läfst sich also gewifs Manches für die oben erwähnte Darstellungsweise sagen, selbst wenn es bis zu wirklichen Verbindungen ginge. Diefs ist aber noch nicht einmal nothwendig, es handelt sich ja, wie diefs Scheerer so treffend ausdrückte, nur um die *optische* Veränderung durch die Gruppirung der Atome.

Die zwei im Vorhergehenden erwähnten Gruppen von Eisenoxydverbindungen zeigen ein ganz verschiedenes Verhalten. Bei den Oxalaten ist die Farbe der Lösung im Wasser gleich der der Krystalle, beide verschieden von der des Eisenoxydes. Bei den Alaunen ist die Farbe der Lösung im Wasser verschieden von der der Krystalle, aber gleich der Farbe des Oxydes. Man könnte noch sagen, die grüne Farbe der Oxalatkrystalle stelle einen elektro-

positiven, die violette Farbe der Alaune einen elektronegativen Gegensatz gegen die in das Gelbe geneigte rothe Farbe des Eisenoxydes dar, wie wir die Farbentöne aus anderen Verbindungen zu beurtheilen gewohnt sind.

Es läfst sich aber in theoretischer Beziehung fragen, ob nicht durch den Unterschied der Farbe in den Lösungen und in den Krystallen des Alauns eine wirkliche Verschiedenheit zwischen der Erscheinung von Oxydtheilchen, der Formel $Fe_2 O_3$ und der Gruppirung der einzelnen Oxydul- und Hyperoxydtheilchen FeO und FeO_2 angedeutet werde.

Der Eisenalaun bietet Beispiele von weifsen Krystallen und sehr stark farbigen Lösungen derselben im Wasser. Ein Gegenstück aus vielen geben die schönen Krystalle des Quadratits (Magnesium-Platin-Cyanür $Mg_6 Pt_5 Cy_{11}$) von der tiefsten karminrothen Körperfarbe mit den prachtvollen blauen und grünen Oberflächenfarbentönen. Der Gedanke liegt gewifs sehr nahe, dafs beide diese letzteren Farben, die sich im Ganzen zu farblos — weifs — ergänzen, nur *Ergebnisse der Gruppirung der Atome* sind, von Körpern, die einzeln so sehr von einander in ihren Eigenschaften abweichen wie Azot, Kohle, Magnesium und Platin.

Die wenigen, in den vorhergehenden Zeilen enthaltenen Thatsachen, gröfstentheils altbekannt aber in ihrem Gegensatze merkwürdig, geben wohl Anlafs zu mancherlei an den verschiedensten Körpern zu stellenden neuen Fragen, die sich auf die Gruppirung der Atome beziehen, veranlafst durch Scheerer's Bemerkung, dafs ein färbender Körper nicht nothwendig mit derselben Gruppirungssymmetrie seiner Atome, die ihm im isolirten Zustande zukommt, auch in alle seine *Verbindungan* eingehen müsse. Die optische Untersuchung der Körper zeigt dann das Eine, die chemische das Andere an. Diese Eigenschaften, die wir nach Form, Art oder Zahl zu untersuchen und zu bestimmen im Stande sind, bilden gewissermafsen die »bekannten« Gröfsen, aus welchen es möglich wird, auf die Gruppirung der Atome zu schliefsen und ihre Gestalt und gegenseitige Lage kennen zu lernen, die doch ihrer ausnehmenden Klein-

heit wegen, niemals Gegenstand unserer Wahrnehmung seyn kann, also wahre »Unbekannte.« Jeder Krystall bildet in dieser Beziehung eine zur Auflösung gegebene »Gleichung«. Sollten nicht aus der ungemein grofsen Zahl derselben doch auch manche jener Unbekannten ermittelt werden können? Zahllose Aufgaben liegen uns noch für nähere Kenntnifs der unmittelbar bestimmbaren Stücke vor, während die Anstrengungen, um sich eine Vorstellung von dem Unbekannten zu machen, vielleicht gerade den gröfsten Reiz gewähren.

IX. *Ueber den veränderlichen Grad der zwischen Salzen und Wasser auftretenden Affinität; von P. Kremers.*

Die Löslichkeit ist eine der vielen Weisen, in denen die Affinität der Salze zum Wasser sich äufsern kann. Welche Aenderungen die Löslichkeit eines Salzes erleidet, sey es nun durch Aenderungen der Temperatur, sey es durch Aenderungen der Constitution, wurde früher [1]) zu entwickeln versucht. Die folgenden Blätter bilden eine Fortsetzung erwähnter Untersuchung; sie enthalten überdiefs einen Versuch, in wieweit die bei Untersuchung der Löslichkeit gewonnenen Anschauungen geeignet sind, übertragen zu werden auf zwei andere Aeufserungsweisen der zwischen Salzen und Wasser auftretenden Affinität: die Zerfliefslichkeit und das Vermögen, Krystallwasser zu binden.

Es wurde früher [2]) auf einzelne merkwürdige Punkte hingewiesen, in welchen sich die Curven ähnlicher Salze kreuzen. Sie wurden unterschieden als negative und posi-

1) Pogg. Ann. Bd. XCII, S. 497.
2) a. a. O.



tive Kreuzungspunkte und bildeten als solche die Gränzen verschiedentlich übereinanderliegender Verhalten. Die bis dahin untersuchten Curven vergleichbarer Salze zeigten in dem Temperaturintervall von 0 bis 100° sehr häufig keinen, mitunter nur einen der beiden Kreuzungspunkte, nie daneben auch den andern, was die unmittelbare Folge einer doppelten Kreuzung gewesen wäre. *Die Annahme, dafs eine doppelte Kreuzung je zweier Curven sich zeigen würde, wenn man deren Lauf nur in einem hinreichend grofsen Temperaturintervall verfolgen könnte, hat das für sich, dafs sie einzelne scheinbar wenig zusammenhängende Erscheinungen aneinanderreiht und dadurch wesentlich zur leichteren Uebersicht des Ganzen beiträgt.* Die bisher untersuchten Salze scheinen allerdings noch wenig geeignet zu seyn, die Richtigkeit dieser Hypothese evident zu beweisen, denn mag auch einerseits ein in höheren Temperaturen liegender Kreuzungspunkt zu erreichen seyn, in sofern man mit Hülfe geeigneter Apparate einer wäfsrigen Salzlösung wohl hohe Temperaturen ertheilen kann, so stellen sich doch andererseits in der Eisesstarre unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen. Sollten daher sich keine Salze finden, bei denen diese Gränzen näher beisammen liegen, so wäre es vielleicht nicht ohne Interesse, die Verhältnisse näher kennen zu lernen, in denen die Salze von anderen Flüssigkeiten, welche man noch nicht bis zu ihrem Gefrierpunkte erkalten konnte, wie etwa von Alkohol, gelöst werden, ob diese Löslichkeitsverhältnisse Analogien mit den beim Wasser beobachteten darbieten und wie sie sich unter 0° gestalten. In dieser Weise möchte es alsdann vielleicht gelingen, bei ein und demselben Paare vergleichbarer Salze beide Kreuzungspunkte aufzufinden. *Einstweilen mag daher die Hypothese einer doppelten Kreuzung der folgenden Untersuchung zu Grunde liegen und mag sie um so annehmbarer erscheinen, je einfacher die Erscheinungen durch sie erklärt werden.*

Es hatte sich früher [1]) herausgestellt, dafs die Curven NaO, NO_5 und NaO, ClO_5 bei ungefähr 32° einen posi-

1) Pogg. Ann. Bd. XCII, S. 497.

tiven Kreuzungspunkt haben, dafs also die Zone des positiven Verhaltens für diese beiden Salze sich von 32° abwärts bis unbestimmt unter 0° erstreckt. Wenn man die im Anhange für die Curve des Atoms NaO, BrO_5 gegebenen Elemente in die Tafel einträgt, so wird man finden, dafs diese neue Curve mit der Curve NaO, NO_5 ebenso wohl, wie mit der Curve NaO, ClO_5 erst über 100° positive Kreuzungspunkte bilden kann, dafs also in beiden Fällen die oberen Gränzen der positiven Zone von 32° bis über 100° hinaufgerückt sind. Dafs die Curve NaO, BrO_5 in ihrem weiteren Verlaufe über 100° zuerst die Curve NaO, NO_5 und dann erst die Curve NaO, ClO_5 schneiden wird, ist allerdings sehr wahrscheinlich, allein es möchten die wirklichen Durchschnittspunkte wohl nicht ganz leicht aufzufinden seyn, da sie allem Anscheine nach ziemlich hoch liegen. Wenn die negativen Kreuzungspunkte, die unteren Gränzen der Zone des positiven Verhaltens, entweder den positiven, den oberen Gränzen, ganz gleiche oder wenigstens ähnliche Aenderungen der Lage erleiden, so wird man am ehesten hoffen können, dieselben für den erwähnten speciellen Fall über 0° erscheinen zu sehen, je mehr man bei übrigens gleichbleibenden Atomen das Gewicht der positiveren Atome der Säure wachsen läfst. Es unterliegt dem Vorangehenden zufolge wohl keinem Zweifel, dafs die obere Gränze der Zone des positiven Verhaltens für die beiden Atome NaO, BrO_5 und NaO, JO_5 noch höher liegen wird, als für die beiden Atome NaO, ClO_5 und NaO, BrO_5. Ungeachtet dessen wird die untere Gränze derselben Zone für die erstgenannten Salze noch nicht über 0° erschienen seyn. Für diese Annahme glaube ich in Folgendem einen Grund zu finden. Es wurde bereits früher als wahrscheinlich hervorgehoben, dafs solche Säuren vergleichbar seyen, welche eine gleiche Anzahl negativerer Atome enthalten. In wie weit nun Säuren wie *α* Phosphorsäure, Arsensäure und Antimonsäure den oben erwähnten beizuzählen sind, kann nur durch eine genaue Kenntnifs der Löslichkeitscurven der entsprechenden Salze ent-

schieden werden, wofern nicht das eine oder andere Salz sich durch eine grofse Differenz in der Löslichkeit von den übrigen unterscheidet. Dieses letztere findet statt beim antimonsauren Natron, welches bekanntlich ausgezeichnet durch seine relativ geringe Löslichkeit ist. Die Curve des Atoms NaO, SbO_5 liegt also in dem Temperaturintervall von 0 bis 100° weiter von dem Coordinatenanfangspunkte entfernt, als jede der erwähnten Salze. Da das Atomgewicht des Antimons gröfser angegeben wird, als das des Jods, so ist die untere Gränze der Zone des positiven Verhaltens selbst für die Salze NaO, JO_5 und NaO, SbO_5 noch nicht über 0° erschienen, wird also für die Substitutionswerthe Br und J wohl auch noch unter 0° liegen.

Mit dem Antimon hat die Reihe der Substitutionswerthe so ziemlich ihr Ende erreicht und es tritt die Nothwendigkeit ein, von der Substitution der positiveren Atome der Säure überzugehen zu der der positiveren Atome der Basis.

Wenn in den beiden Salzatomen NaO, NO_5 und NaO, ClO_5 für Na das Atom K substituirt wird, so rückt die obere Gränze der Zone des positiven Verhaltens von 32° bis über 100° hinauf. Es ist daher wohl zu vermuthen, dafs die untere Gränze der Zone des positiven Verhaltens in der Reihe der Kaliumverbindungen bereits über 0° erscheinen kann, wenn die entsprechenden Natriumverbindungen sie noch nicht zeigen. Für die Curven KO, NO_5 und KO, ClO_5 liegt dieselbe noch unter 0°; ebenso für die Curven KO, ClO_5 und KO, BrO_5. Es war daher von besonderem Interesse, die Löslichkeitscurve für das Salzatom KO, JO_5 zu bestimmen. Wenn man die im Anhange für diese Curve gegebenen Werthe in die Tafel einträgt, so wird man finden, dafs die untere Gränze der Zone des positiven Verhaltens für die Salzatome KO, BrO_5 und KO, JO_5 wirklich über 0° hinaufgerückt ist. Sie befindet sich bei ungefähr 11°. Die untere Gränze des positiven Verhaltens mufs für die Salzatome KO, JO_5 und KO, SbO_5 nothwendiger Weise über 11° liegen. Sie

liegt in der That schon über 100°, da den bisherigen Angaben zufolge das antimonsaure Kali beträchtlich löslicher seyn mufs, als das jodsaure Kali.

Es kann hier nicht meine Absicht seyn, die vielen Angaben, welche einzelne Punkte dieser oder jener Curve bestimmen, näher zu erörtern. In dem Maafse, als sie sich mehren, wird ihre Deutung erleichtert. Ein einzelner Fall, scheinbar ganz gesetzwidrig, erklärt sich oft ganz einfach, wenn man ihn mit einer anderen Beobachtung in Relation bringt. Um nur ein Beispiel zu erwähnen, so ist es den bisherigen Erfahrungen zufolge unbestritten, dafs in dem ganzen Temperaturintervall von 0 bis 100° das Salzatom BaO, ClO_5 löslicher ist als BaO, NO_5; dieses löslicher als BaO, BrO_5 und dieses endlich löslicher als BaO, JO_5. Es ist diefs allerdings eine Unregelmäfsigkeit, aber auch nur eine scheinbare, denn in dem Temperaturintervall von 32° bis 100° und höher hinauf zeigen die entsprechenden Natriumsalze genau dieselbe Reihenfolge.

In den bisherigen Vergleichen waren stets constante Gröfsen sämmtliche negativere Atome der Basis und Säure und aufserdem das positivere Atom der Basis. Die einzige variable Gröfse war das positivere Atom der Säure. Eine etwas verschiedene Art der Vergleiche wird erhalten, wenn ebenfalls wieder sämmtliche negativere Atome der Basis und Säure, daneben aber das positivere Atom der Säure constante Gröfsen sind, die einzige variable Gröfse dagegen das positivere Atom der Basis. Diese Art der Vergleiche führt zu Resultaten, welche denen der früheren ganz analog sind. Einige Beispiele mögen hinreichen, diese Aehnlichkeit der Resultate darzuthun. Wie früher die obere Gränze des positiven Verhaltens für die Kaliumsalze höher lag, als die gleichen Gränzen für die entsprechenden Natriumsalze, so liegt auch jetzt die obere Gränze des positiven Verhaltens für die chlorsauren Salze der Alkalien höher als die gleiche Gränze für die entsprechenden salpetersauren Salze. Diese liegt bei ungefähr 83°, jene bereits über 100°. Sie liegt ebenfalls über 100° für die bromsauren Salze;

die untere Gränze desselben Verhaltens ist für die letzt erwähnten Salze noch nicht über 0° erschienen. Ob sie für die jodsauren Salze bereits über 0° liegt, müssen die Versuche erst ausweisen. Es ist diefs nicht ganz unwahrscheinlich, da dieselbe untere Gränze für die antimonsauren Salze bereits über 100° liegt. Letzteres folgt unmittelbar aus der Schwerlöslichkeit des antimonsauren Natrons und der relativen Leichtlöslichkeit des antimonsauren Kalis (KO, SbO_5).

Obgleich neben den beiden erwähnten noch verschiedene andere Arten der Vergleiche durchgeführt werden können und zwar ebenso mannigfach, wie auch mannigfach die Constitution der Salze sich ändern kann, so beschränkt sich die vorliegende Untersuchung doch einstweilen auf jene beide, bis für die anderen ein hinreichendes Material vorhanden ist. Bei dem gleichmäfsigen Resultate, auf welches jene beiden hinführten, kann man wohl mit einiger Sicherheit schliefsen, dafs auch die noch nicht durchgeführten Vergleiche kein wesentlich verschiedenes haben werden; bei der grofsen Regelmäfsigkeit, welche überhaupt in dem Intervall der leicht zugänglichen Temperaturen das Fortrücken der Zonen gleichen Verhaltens darbot, kann man wohl vermuthen, dafs auch eine gleiche Regelmäfsigkeit sich jenseits der Gränzen 0 und 100° zeigen wird.

Ein Phänomen kommt indefs hier noch wesentlich zur Sprache, ein Phänomen, welches die Gränzen der Zonen mitunter bedeutend verlegen und die Regelmäfsigkeit der Erscheinungen leicht gefährden kann; ich meine nämlich das Phänomen der Uebersättigung. Es ist diesem um so mehr Rechnung zu tragen, als es von ungeheurer Verbreitung ist; so dafs man nicht leicht ein Salz finden wird, welches dieses Phänomen in mehr oder weniger hohem Grade nicht zeigt. Dafs dieses Phänomen bei verschiedenen Salzen gewisse Temperaturgränzen nicht überschreiten kann, scheint aus den bisherigen Erfahrungen hervorzugehen. So z. B. giebt Loewel [1]) für das schwefelsaure Natron

1) *Ann. chim. phys.* (3) 29. 62.

(NaO, SO_3) als untere Gränze dieser Erscheinung die Temperatur — 16 bis — 20° an. So konnte ich früher[1]) das salpetersaure Lithion (LiO, NO_5) nicht unter + 1° übersättigt erhalten. Dafs dieselben Salze auch eine obere Gränze besagter Erscheinung zeigen, ist bisher noch nicht bewiesen. Für das bromsaure Natron (NaO, BrO_5) fand ich in dem Temperaturintervall von 11° bis 65° weder eine obere noch eine untere Gränze. Wenn es nun auch nicht unwahrscheinlich ist, dafs beide existiren, so sind jedenfalls ihre Abstände mitunter sehr bedeutend.

Der Grad der Uebersättigung kann ferner sehr verschieden seyn und ist wohl nur bedingt durch den verschiedenen Grad der Ruhe, in welcher die Lösung erkaltet. So ist es mir z. B. nach und nach gelungen, eine Lösung von bromsaurem Natron, welche in einem zugeschmolzenen und an einem Faden hängenden Glase sich befand, nachdem dieselbe öfter zwischen 40 und 20° krystallisirte, doch auch zweimal bis 0° und einmal bis — 1° zu erkalten, ehe die Krystallisation begann. Die ganze in wenigen Augenblicken durch und durch erstarrte Masse wurde darauf analysirt. Sie enthielt auf 1 Gewichtstheil wasserfreies Salz nur 0,90 Gewichtstheile Wasser. Das Atom des wasserfreien Salzes war demnach gelöst in nur 1,36 Gewichtstheilen Wasser. Das in seinem Krystallwasser geschmolzene unterschwefligsaure Natron ($NaO, S_2O_2 + 6aq$) setzt ein weifses Pulver, wahrscheinlich ein weniger gewässertes Salz, ab, wenn ein Theil des Wassers durch längeres Kochen vertrieben wird. Mit der Mutterlauge eingeschmolzen löst sich dieses Salz wieder bei höherer Temperatur. Eine solche Lösung, ebenso behandelt wie die des bromsauren Natrons, konnte, nachdem sie einmal bei 30°, einmal bei 3° erkaltete, doch auch bis auf 0° erkaltet werden, ehe die Krystallisation begann. In ihr war, einer nachträglich ausgeführten Analyse zufolge, 1 Gewichtstheil des wasserfreien Salzes in 0,46, ein Atom desselben also in nur 0,37 Gewichtstheilen Wasser gelöst.

1) Pogg. Ann. Bd. 92, S. 520.

Der Grad der Uebersättigung ist demnach sehr relativ und wenn ein Salz bei irgend einer Temperatur das Phänomen der Uebersättigung zeigt, so fallen für diese und naheliegende Temperaturen sehr verschiedene Löslichkeitswerthe zwischen zwei Curven, von denen die eine die bei Anwendung der Erwärmungsmethode resultirende gewöhnliche Sättigung, die andere den höchsten Grad der bei Anwendung der Erkaltungsmethode beobachteten Uebersättigung darstellt. Wenn nun die Curve irgend eines anderen ähnlichen Salzes dieses System schneidet, so resultiren verschiedene Durchschnittspunkte, welche alle bei verschiedenen Temperaturen liegen. Bei den Curven des bromsauren Natrons wurde dieser Fall allerdings bisher noch nicht beobachtet; ebenso noch nicht bei denen des kohlensauren Natrons (NaO, CO_2); dafs er indefs vorkommen kann, geht zweifellos aus den Curven des schwefelsauren Natrons (NaO, SO_3) hervor, von welchen die der gewöhnlichen Sättigung sich mit der des schwefelsauren Kalis (KO, SO_3) bei ungefähr 8° schneidet; es ist ebenso wahrscheinlich für die Curven NaO, NO_5 und NaO, ClO_5, welch letzterer schon früher ein gewisser Grad der Uebersättigung beigelegt wurde.

Es erscheint also nothwendig, da, wo ein Salz verschiedene Curven zeigt, eine bestimmte herauszugreifen, um bei Vergleichungen nur diese zu benutzen. Dafs dazu am besten die Curve der gewöhnlichen Sättigung sich eignet, unterliegt wohl keinem Zweifel. Wenn ich nichtsdestoweniger sowohl früher, als auch noch jetzt für die im Anhang angeführten Salze die Abkühlungsmethode angewandt habe, so glaubte ich dadurch einerseits sehr leicht eine vollständige Sättigung zu erreichen, andererseits suchte ich mich der Curve der gewöhnlichen Sättigung so viel als möglich dadurch zu nähern, dafs alle die Umstände herbeigeführt wurden, welche die Uebersättigung aufzuheben vermögen. Die solchergestalt erhaltenen Werthe können daher, wenn auch vielleicht nicht als genau die der ge-

wöhnlichen Sättigung, doch wenigstens als diesen sehr genähert betrachtet werden.

Neben den eben betrachteten treten noch zwei andere Aeufserungsweisen der zwischen Salzen und Wasser vorhandenen Affinität auf, welche jener überaus ähnlich sind. Es sind diefs das Vermögen, Krystallwasser zu binden und die Zerfliefslichkeit der Salze. Diese beiden ebenso graphisch darzustellen, wie die erste, ist einstweilen nicht leicht durchführbar. Wenn man, wie auch früher, als Abscissen die Temperaturen nimmt, so ist bei der Darstellung der zweiten Aeufserungsweise für die entsprechenden Ordinaten allerdings ein Maafs gegeben in der Anzahl der mit dem Salzatome verbundenen Wasseratome. Durch welches Maafs werden aber die Ordinaten bei der dritten Aeufserungsweise gemessen? Welches ist das Maafs für den verschiedenen Grad der Zerfliefslichkeit? Es ist diefs unstreitig die verschiedene Wassermenge, welche ein Atom der verschiedenen Salze während eines constanten Zeitintervalls aus einer gleich constituirten Atmosphäre anzuziehen vermag. Dieser Maafsstab wurde, soviel mir bekannt, bisher wohl kaum benutzt, so dafs sich die bisherigen Erfahrungen über den relativen Grad des Zerfliefsens nur so weit erstrecken, als das eine Salz mehr, das andere weniger zerfliefslich ist, keineswegs aber bestimmte Verhältnifszahlen aufzuweisen haben. Ich begnüge mich daher mit dem Versuche, inwieweit die im Vorangehenden entwickelten Ansichten auch bei den beiden letzteren Aeufserungsweisen durchgeführt werden können.

Dafs vergleichbare Salze, wie in Anbetracht der Löslichkeit, so auch in Anbetracht der Eigenschaft Krystallwasser zu binden und zu zerfliefsen, sich positiv und negativ verhalten können, ist durch die bisherigen Erfahrungen hinlänglich constatirt. Dafs, wie bei der Löslichkeit, so auch hier die Zonen verschiedenen Verhaltens in einander übergehen, unterliegt wohl keinem Zweifel; es fragt sich nur, ob die Gränzen ein und derselben Zone bei jeder der drei Aeufserungsweisen in einander fallen, oder ob sie

bei verschiedenen Temperaturen liegen. Da die Gränzen selbst nur selten beobachtet werden, so ist man meistentheils darauf angewiesen, die Zonen, welche ähnliche Salze in Anbetracht jeder der drei Aeufserungsweisen innerhalb ein und desselben Temperaturintervalls darbieten, miteinander zu vergleichen. Nur wenn diese Zonen immer dieselben sind, ist Grund zu der Annahme vorhanden, dafs die Gränzen wirklich ineinander fallen.

Die drei Salzatome LiO, CO_2; NaO, CO_2 und KO, CO_2 zeigen bei gewöhnlicher Temperatur in Anbetracht der Löslichkeit die Zone des negativen Verhaltens, mag man nun das erste mit dem zweiten, das erste mit dem dritten oder das zweite mit dem dritten vergleichen. Dieselbe Zone zeigen diese Salzatome auch in Bezug auf Zerfliefslichkeit, aber nicht mehr in Bezug auf Gehalt an Krystallwasser, indem bei gewöhnlicher Temperatur das erste mit dem zweiten oder dem dritten verglichen negativ, das zweite mit dem dritten verglichen positiv erscheinen. Die beiden Salzatome NaO, NO_5 und NaO, BrO_5 sind zwischen 0 und 100° positiv in Bezug auf Löslichkeit; sie sind aber bereits von + 4° abwärts negativ in Bezug auf Gehalt an Krystallwasser. Die beiden Salzatome BaO, NO_5 und BaO, JO_5 sind in Bezug auf Löslichkeit bei gewöhnlicher Temperatur positiv, sie sind aber bei derselben Temperatur negativ in Bezug auf Gehalt an Krystallwasser.

Diese wenigen Beispiele, deren Zahl leicht vermehrt werden kann, zeigen hinreichend, dafs die Temperaturen, welche ein und dieselbe Zone begränzen, keineswegs für jede der drei Aeufserungsweisen dieselben sind. Dieser Umstand bedingt allerdings eine grofse Manuigfaltigkeit der Erscheinungen, welche die Salze darbieten, er bedingt aber auch nicht wenig Schwierigkeiten, welche sich entgegenstellen, wenn man die Masse der einzelnen Erscheinungen in übersichtlicher Weise darzustellen versucht.

Der Zweck der folgenden Zeilen, die relative Lage gleichnamiger Zonen bei jeder der drei Aeufserungsweisen

miteinander zu vergleichen, wird um so vollständiger erreicht, je mehr bei jeder der Effect ähnlicher Aenderungen der Temperatur oder der Constitution eines Salzes durch den gleichen Maafsstab, die relative Affinität, vorher schon gemessen wurde. Da diefs für die erste Aeufserungsweise im Vorangehenden, für die zweite und dritte Aeufserungsweise bereits früher [1]) soviel als thunlich durchgeführt wurde, so handelt es sich hier lediglich um den Vergleich der gewonnenen Resultate.

Der ersterwähnten Untersuchung zufolge erscheint ein Salz, gleichgültig, ob neutral oder sauer, als aus zwei wesentlichen Theilen, den positivern und negativern Atomen, zusammengesetzt. Bald gehören diese den chemisch noch unzerlegten Atomen an, wie in den einfachern, binären Salzen [2]), bald sind es chemisch zerlegbare Atome, wie in den zusammengesetzteren, quaternären Salzen [3]). Diese verschiedenen Atome bestimmen, ob ein Salz einen dritten unwesentlichen Bestandtheil, das Wasser, als Krystallwasser aufnimmt oder nicht, wenn es bei einer gegebenen Temperatur aus dem lösenden Wasser heraustritt. Sie bestimmen diefs in sofern, als ein Salz bei ein und derselben Temperatur die Fähigkeit, Krystallwasser zu binden, um so mehr verliert, je schwerer das Atom ist, wodurch bei gleichbleibenden übrigen Atomen eines seiner positiveren Atome ersetzt werden kann [4]); besagte Fähigkeit dagegen zunimmt, wenn eins der negativeren Atome durch schwerere substituirt wird [5]). So ist die Wirkungsweise der einzelnen Atome eines Salzes in den meisten der beobachteten Fälle. Eine dieser geradezu entgegengesetzte Wirkungsweise ist ebenfalls beobachtet worden [6]), aber verhältnifsmäfsig nur selten. Derselbe Widerspruch zeigte

1) Pogg. Ann. Bd. 86, S. 375; Bd. 88, S. 337 und Bd. 91, S. 283.
2) KCl.
3) KO, ClO_5.
4) $MgO, SO_3 + 7 aq$; $CaO, SO_3 + 2 aq$; SrO, SO_3.
5) $NaCl$; $NaBr + 4 aq$.
6) NaO, NO_5; $NaO, BrO_5 + ? aq$.

sich auch bei dem Phänomen der Löslichkeit in dem bald positiven bald negativen Verhalten. Wie er dort durch Einführung einer veränderlichen Gröfse, der Temperatur, gehoben wurde, so auch hier. Neben der Substitution vermag nämlich auch die verschiedene Temperatur, bei welcher ein Salz das lösende Wasser verläfst, eine Aenderung besagter Fähigkeit hervorzurufen. Ihre Wirkungsweise war bei dem Phänomen der Löslichkeit in den meisten Fällen nur eine, insofern der Grad der Löslichkeit mit dem Grade der Temperatur zunahm, in einigen wenigen Fällen, wo nämlich ein Salz ein Löslichkeitsmaximum zeigte, trat neben der einen auch die entgegengesetzte Wirkungsweise auf. Nur die letzte dieser beiden Wirkungsweisen wurde bei dem Vermögen der Salze, Krystallwasser zu binden, mit Bestimmtheit nachgewiesen. Wenn z. B. in dem Salzatome MnO, SO_3 das positivere Atom Mn nach und nach durch die schwereren Atome Cu und Pb substituirt wird, so wird bei gleichbleibender Temperatur der anfängliche Gehalt an Krystallwasser von 7 Atomen auf 5, von 5 auf 0 reducirt. Bleibt dagegen das Atom Mn immer dasselbe, so kann eine der vorigen gleiche Wirkung bis zu einem gewissen Punkte hin dadurch erreicht werden, dafs die Temperatur gesteigert wird. Wenn in dem bei gewöhnlichen Temperaturen wasserfrei krystallisirenden Salzatome $NaCl$ das Atom Cl durch Br oder J ersetzt wird, so tritt bei gleichbleibender Temperatur zugleich Wasser in die Constitution des Salzes. Ein Gleiches geschieht, wenn das Atom Cl dasselbe bleibt, dafür aber die Temperatur der Lösung erniedrigt wird.

Die durch einen gleichen Temperaturunterschied verursachte Ab- und Zunahme besagter Fähigkeit ist indefs für verschiedene Salze nicht gleich. Wenn dieselbe oft sehr bedeutend ist bei Salzen, deren positivere Atome ein niedriges Gewicht haben, so wird sie um so geringer, je mehr bei gleichbleibenden übrigen Atomen eines dieser positiveren Atome durch ähnliche schwerere ersetzt wird. Das Salzatom MnO, SO_3 krystallisirt z. B. nur zwischen

ungefähr 7° und 20° mit 5 Atomen Krystallwasser. Wenn das Atom Mn durch Cu ersetzt wird, so krystallisirt das resultirende Salzatom CuO, SO_3 bereits in dem ganzen Intervall von 0 bis 100°, vielleicht in einem noch gröfseren Intervall mit 5 Atomen Krystallwasser.

Eine nothwendige Folge dieser ungleichen Schwankungen im Gehalt an Krystallwasser ist das verschiedene Verhalten, welches vergleichbare Salze bei verschiedenen Temperaturen zeigen. So z. B. verhalten sich die beiden Salzatome MnO, SO_3 und CuO, SO_3 unter 7° positiv in Anbetracht des Krystallwassers, über 20° dagegen schon negativ.

Eine weitere Folge der ungleichen Schwankungen ist die verschiedene Lage des Nullpunktes der Salze [1]) und die verschiedene Weise, in der vergleichbare Salze dorthin gelangen [2]). Die beiden Salzatome MnO, SO_3 und CuO, SO_3 z. B. gelangen aus dem positiven Verhalten durch das negative hindurch zu diesen Punkten. Andere Salzatome, wie KO, SO_3 und NaO, SO_3, gelangen aus dem positiven Verhalten direct zu diesen Punkten. Bei der letzten Klasse von Salzen rücken die Nullpunkte in um so höhere Temperaturen hinauf, je mehr bei gleichbleibenden übrigen Atomen eines der positiveren Atome durch leichtere oder eines der negativeren durch schwerere Atome ersetzt wird; bei der ersten Klasse findet das Gegentheil statt.

Es sind demnach blofs die Salze der ersten Klasse, welche dadurch, dafs sie in Anbetracht des Krystallwassers in relativ hohen Temperaturen sich negativ, in relativ niedrigen Temperaturen sich positiv verhalten können, den Vergleich der relativen Lage gleicher Zonen beider Aeufserungsweisen in sofern etwas compliciren, als die Ueber-

1) Ein Punkt, über welchem die Salze wasserfrei, unter welchem sie mit Wasser krystallisiren.

2) Die Annahme, dafs jedes Salz seinen Nullpunkt habe, mag in sofern gestattet seyn, als sie den Krystallwassergehalt der Salze in übersichtlicher Weise darstellen läfst. Ich erwähne bei dieser Gelegenheit nur die vier Salze: KO, SO_3; KO, CrO_3; $KO, 2SO_3 + aq$ und $KO, 2CrO_3$.

gangstemperaturen beider Verhalten in der ersten und der zweiten Aeufserungsweise zu bestimmen sind; wogegen andererseits bei den Salzen der zweiten Klasse, welche in Anbetracht der zweiten Aeufserungsweise immer positiv sind, diese Complication fortfällt. Die beiden Salzatome, KO, SO_3 und NaO, SO_3 z. B., welche zur letzten Klasse gehören und sich in Anbetracht des Krystallwassers bei jeder Temperatur positiv verhalten, haben in Anbetracht der Löslichkeit bei ungefähr 8° die untere Gränze des positiven Verhaltens. Bei ihnen fallen also für beide Aeufserungsweisen der Affinität gleiche Zonen aufeinander über, ungleiche dagegen unter jener Temperatur. Der Wechsel ist lediglich bedingt durch den Wechsel der Zonen der ersten Aeufserungsweise. Die beiden Salzatome NaO, NO_5 und NaO, BrO_5 dagegen, welche zur ersten Klasse gehören und bereits von + 4° abwärts sich negativ verhalten in Anbetracht des Krystallwassers, verhalten sich bei derselben Temperatur noch positiv in Anbetracht der Löslichkeit. Wenn nun diese Salze bei einer niedrigeren Temperatur die untere Gränze des positiven Verhaltens der ersten Aeufserungsweise erreichen, so kann einstweilen nur der Versuch entscheiden, ob sie bei derselben Temperatur auch in Anbetracht der zweiten Aeufserungsweise ihr Verhalten bereits geändert haben.

Es fragt sich nun zunächst, ob die erwähnten complicirten Fälle vielleicht etwas vereinfacht werden können. In wie weit die bisherigen Mittel diefs erlauben, wird aus dem Folgenden ersichtlich seyn.

Das Salzatom NaO, NO_5 hat seinen Nullpunkt unter 0°. Wenn darin Cl für N substituirt wird, so liegt derselbe auch noch unter 0°. Er liegt bereits bei + 4°, wenn Br für Cl substituirt wird; für den Substitutionswerth J liegt er noch höher; am höchsten endlich für den Substitutionswerth Sb. Wie die Nullpunkte, rücken auch die Gränzen des negativen Verhaltens in Anbetracht des Krystallwassers fort, wie diefs aus dem folgenden Schema ersichtlich ist.

	N	Cl	Br	J	Sb
100°					7
				2	
			0	6	
0	0	0	4	10	7

Hiernach zeigen die Verbindungen des gemeinsamen Atomencomplexes NaO, O_5 mit Cl und Br die obere Gränze der negativen Zone bei ungefähr 5°, die mit Br und J zeigen dieselbe obere Gränze viel höher; sie mufs bei oder vielleicht schon über 100° liegen. Noch höher mufs dieselbe für die Substitutionswerthe J und Sb liegen; dafür ist aber bei diesen beiden Salzen bereits die untere Gränze der negativen Zone, der Punkt, wo diese in die positive Zone übergeht, über 0° hinaufgerückt; sie liegt zwischen den Temperaturen, bei welchen das jodsaure Natron (NaO, JO_5) mit 10 und mit 6 Atomen Krystallwasser anschiefst.

Die zweite Aeufserungsweise unterscheidet sich demnach im vorstehenden Falle von der ersten nicht durch die Art des Fortrückens der Gränzen. Wenn dieselben erwiesenermafsen nicht ineinanderfallen, so bleibt immer noch Grund zu der Vermuthung, dafs sie gleichmäfsig nebeneinander fortrücken.

Eine andere Salzgruppe, welche ebenfalls für die letztere Ansicht spricht, ist die der kohlensauren Alkalien. Wenn zu dem Atomencomplex O, CO_2 nach und nach Li, Na und K hinzutritt, so verhält sich der Wassergehalt der dadurch entstehenden Salze zwischen 0 und 100° wie folgt.

	Li	Na	K
100°			2
		1	
0	0	10	2

Die Substitutionswerthe Li und Na zeigen von 50°, vielleicht von einer noch höheren Temperatur an bis abwärts unbestimmt unter 0° nur die negative Zone; die Werthe Na und K dagegen zeigen die negative Zone von unbestimmt

über 100° bis abwärts bei ungefähr 20°, bei welcher Temperatur das kohlensaure Natron (NaO, CO_2) mit mehr als 2 Atomen Krystallwasser anschiefst und bereits die positive Zone beginnt.

Nicht in gleichem Maafse, wie bei den beiden vorangehenden, stehen Thatsachen zu Gebote, wenn man für eine dritte Aeufserungsweise der zwischen Salzen und Wasser auftretenden Affinität, die Zerfliefslichkeit nämlich, ähnliche Verhältnisse aufsuchen will. Was darüber bisher vorliegt, wurde früher in einer kleinen Notiz [1]) zusammengestellt: es läfst wohl ähnliche Verhältnisse vermuthen, doch ist zu deren Beweise noch eine besondere Versuchsreihe erforderlich.

Anhang.

Das jodsaure Kali war durch Einwirkung von Chlorjod auf Kalilauge, das bromsaure Natron durch Einwirkung von Brom auf Natronlauge dargestellt. Da die relative Lage der Löslichkeitscurven dieser beiden Salze annähernd vermuthet werden konnte, so wurden sie bei passenden Temperaturen noch einmal umkrystallisirt, das erstere bei ungefähr 100°, das zweite bei gewöhnlicher Temperatur. Die beiden Salze wurden als solche in dem früher erwähnten Apparate gewogen.

Der jodsaure Baryt wurde erhalten durch Fällen einer Chlorbaryumlösung mit jodsaurem Kali. Da die jodsaure Baryterde das Chlorbaryum hartnäckig zurückhält, so wurde etwas überschüssiges jods. Kali zugefügt, welches letztere sich besser aussüfsen läfst. Ich erhielt so einen Werth, welcher zwischen denen von Gay-Lussac und Rammelsberg liegt. Der Gehalt an jodsaurer Baryterde wurde aus dem Gewichte der schwefelsauren Baryterde, ebenso der Gehalt an unterschwefligsaurem Natron aus dem Gewichte des schwefelsauren Natrons berechnet. In dem hiernächst folgenden Schema bedeuten die rechts neben den

1) Pogg. Ann. Bd. 91, 283.

Temperaturen befindlichen Zahlen die Gewichtstheile Wasser, welche zur Lösung eines Gewichtstheils und eines Atoms des überschriebenen wasserfreien Salzes bei der nebenstehenden Temperatur erforderlich sind. Die einzelnen Werthe sind denen der gewöhnlichen Sättigung soviel als möglich genähert, in sofern durch Schütteln und Eintauchen fremder Körper eine Uebersättigung fern gehalten wurde. Nur die in der zweiten und dritten Spalte des bromsauren Natrons befindlichen Werthe bezeichnen zwei Grade der Uebersättigung. Die Werthe der zweiten Spalte wurden in der Weise erhalten, dafs eine siedend gesättigte Lösung, mit einem Kork fest verschlossen und an einem Faden hängend, erkaltete. Die Erkaltung ging nur langsam vor sich und zwar in einer gröfseren Masse siedenden Wassers. Die Lösung der dritten Spalte erkaltete an einem Faden hängend in der freien Luft, ebenso die übersättigte Lösung des unterschwefligsauren Natrons; beide in einer Glasröhre eingeschmolzen.

KO, JO_5

	1 Gew.	1 Atom
+ 0°,5 C.	19,02	40,71
9 ,4	14,85 [1]	31,77
22 ,2	10,97	23,48
45 ,8	5,95	12,73
69 ,2	3,67	7,86

BaO, JO_5

	1 Gew.	1 Atom
13°,5 C.	3018	7349
100	681	1659

NaO, S_2O_2

0° C	1 Gew.	1 Atom
	0,46	0,37

NaO, BrO_5

I.			II.			III.		
	1 Gew.	1 Atom		1 Gew.	1 Atom		1 Gew.	1 Atom
7°,5 C.	3,17	4,78	11°,0 C.	2,03	3,07	— 1° C.	0,90	1,36
30 ,0	2,15	3,25	43 ,5	1,38	2,08			
50 ,0	1,71	2,58	65 ,0	1,06	1,60			
74 ,4	1,29	1,95						
98 ,0	1,14	1,71						

1) Gay-Lussac fand, dafs bei 14° zur Lösung eines Gewichtstheils des wasserfreien Salzes 13 Gewichtstheile Wasser nöthig sind.

X. *Ueber die Destillationsproducte der Stearinsäure; von W. Heintz.*

Zu den Arbeiten, welche den Zusammenhang zwischen der Zusammensetzung der Stearinsäure und der der vermeintlichen Margarinsäure, wie man ihn bis zu meinen Untersuchungen über die Fette annahm, festzustellen dienten, gehört auch die von Redtenbacher[1]) über die Destillationsproducte der Stearinsäure. Bis dahin wufste man zwar, aus den Untersuchungen von Chevreul[2]), dafs sich bei der Destillation dieser Säure Kohlensäure, Kohlenwasserstoffgas uud Wasser als Nebenproducte bilden, man nahm aber mit diesem Autor an, dafs im Uebrigen die Stearinsäure unverändert überdestillire, dafs sich nur Spuren einer öligen Substanz bilden, deren Natur Chevreul nicht ermittelt hat.

Redtenbacher fand zwar, dafs in der That das bei gewöhnlicher Temperatur feste Destillationsproduct der Stearinsäure denselben Schmelzpunkt besitzt, wie die reine Stearinsäure, indessen schied er daraus eine Säure ab, die er für Margarinsäure hielt, deren Schmelzpunkt also bei 60° C. lag, während er darin aufserdem einen anderen, festen, schwer schmelzbaren Körper (Schmelzpunkt 77° bis 82° C.) fand, den er als das Aceton der Margarinsäure, als Margaron betrachten zu dürfen glaubte. Endlich wies er darin einen flüssigen Kohlenwasserstoff nach, der aus gleichen Aequivalenten Kohlenstoff und Wasserstoff besteht. Den höheren Schmelzpunkt des Destillationsproducts der Stearinsäure im Verhältnifs zu dem der darin angenommenen Margarinsäure erklärt er durch den höheren Schmelzpunkt des Margarons. Er glaubt endlich aus seinen Versuchen schlie-

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 35, S. 54 bis 65*.

2) *Chevreul recherches sur les corps gras d'origine animale*, Paris 1823 *p.* 25*.

schliefsen zu dürfen, dafs aus 4 Atomen Talgsäurehydrat $C^{272}H^{272}O^{28}$

6 Atome Margarinsäure	C^{204}	H^{204}	O^{24}
1 Atom Wasser		H^{1}	O^{1}
1 Atom Margarin	C_{33}	H_{33}	O^{1}
1 Atom Kohlensäure	C^{1}		O^{2}
Kohlenwasserstoff	C^{34}	H^{34}	

entstehen.

Nach Redtenbacher sind die Destillationsproducte der Stearinsäure nicht mehr einer ausführlichen Untersuchung unterworfen worden. Nur Laurent und Gerhardt [1]) geben an, dafs die Stearinsäure unverändert destillirt werden könne, wenn man nur 15 bis 20 Grm. derselben der Destillation unterwirft und die Operation unterbricht, sobald das Destillat schwach bräunlich gefärbt erscheint.

Theils diese abweichende Angabe von Laurent und Gerhardt, theils der Umstand, dafs nach meinen Untersuchungen die vermeintliche Margarinsäure ein Gemisch von verschiedenen Säuren ist, veranlafste mich, die Producte der Destillation der Stearinsäure einer neuen Untersuchung zu unterwerfen, um namentlich die Natur der Säure auszumitteln, welche im Destillat enthalten ist. Da aus den Untersuchungen von Redtenbacher bekannt war, dafs hiebei aufser dem festen Destillationsproduct auch ein flüssiges und ein gasförmiges entsteht, so verfuhr ich, um diese einzelnen Stoffe sogleich möglichst zu trennen, auf folgende Weise.

Ein gewöhnlicher Apparat zur Darstellung von Wasserstoffgas wurde mit dem Tubulus einer Retorte durch ein Gasleitungsrohr so luftdicht verbunden, dafs das letztere bis in die Mitte der Retortenkugel hineinragte. In der Retorte befanden sich sechs Loth chemisch reiner Stearinsäure. Sie wurde so auf ein mit einem kreisförmigen Loch versehenes Kupferblech gestellt, dafs nur ein kleiner Theil des Bodens derselben von der untergesetzten Berzelius'-

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 72, S. 273*.

schen Spirituslampe direct getroffen werden konnte. Hiedurch wurde die Ueberhitzung der sich in der Retorte ansammelnden Dämpfe vermieden. Der Retortenhals war luftdicht mit einer zweihalsigen Kugelvorlage verbunden, welche in eine während des ganzen Versuchs kochendes Wasser enthaltende Schale eingelegt war. Der zweite Hals der Kugelvorlage trug ein zweimal gebogenes Gasleitungsrohr, das in einen doppelt durchbohrten Kork eingeschoben war, welcher auf eine kleine Flasche aufgesetzt wurde. Die zweite Durchbohrung des Korks endlich trug wiederum ein Gasleitungsrohr, welches unter Quecksilber mündete.

Zuerst wurde der ganze Apparat mit Wasserstoff gefüllt, um den Einflufs des Sauerstoffs bei der Operation zu vermeiden, und dann die Erhitzung der Stearinsäure begonnen. In der Vorlage sammelte sich namentlich das feste Destillationsproduct an, doch wie wir später sehen werden, war darin auch noch von dem flüssigen enthalten, in der Flasche fand sich nach Beendigung des Versuchs eine ölige oben aufschwimmende und eine wäfsrige Flüssigkeit; in den über Quecksilber aufgefangenen Gasen gelang es mit Leichtigkeit die Kohlensäure nachzuweisen. Wegen der Beimischung des aus dem Wasserstoffentwickelungsapparate stammenden Wasserstoffgases unterliefs ich es die Gegenwart eines Kohlenwasserstoffs darzuthun. Die Autorität eines Chevreul genügt, um hierüber Gewifsheit zu geben.

Da die Menge der öligen Flüssigkeit, welche sich über der wäfsrigen in dem Fläschchen angesammelt hatte, nur sehr gering war, und ich vermuthete, dafs diefs davon herrührte, dafs der Kochpunkt derselben höher als 100° C. liege, so trug ich in das Wasser, worin die Kugelvorlage sich befand, allmälig immer mehr Chlorcalcium ein, wodurch es möglich wurde die Temperatur des Bades bis 150° C. und darüber zu steigern. Bei dieser Temperatur erhielt ich es, während fortwährend ein langsamer Wasserstoffstrom durch den Apparat getrieben wurde, so lange, bis nicht mehr merkliche Mengen der öligen Flüssigkeit über-

destillirten. So wurden etwa ein bis zwei Gramme dieser öligen Flüssigkeit gewonnen.

Jetzt wurde der Apparat auseinandergenommen. Es war das wäfsrige, das ölige, das feste Destillat und endlich der Rückstand in der Retorte zu untersuchen.

Das wäfsrige Destillat schied ich mechanisch von dem öligen. Es reagirte stark sauer, roch nach Essigsäure, hatte aber nebenbei den Geruch nach Buttersäure. Zugleich jedoch war der Geruch nach dem öligen Körper bemerkbar. Um daher diesen zu entfernen, neutralisirte ich die saure Flüssigkeit mit kohlensaurem Natron, dampfte sie bei gelinder Wärme zur Trockne ein, bis der Rückstand nicht mehr roch und versetzte die weifse Salzmasse mit wenig verdünnter Schwefelsäure. Jetzt trat der Geruch jener beiden Säuren rein hervor. Die Menge derselben war jedech sehr gering, so dafs es nicht gelingen konnte, diese beiden Säuren für sich rein darzustellen.

Darum neutralisirte ich die Masse von Neuem mit kohlensaurem Natron, dampfte wieder im Wasserbade zur Trockne und zog den Rückstand mit Alkohol aus. In der Lösung befand sich nun das essigsaure und buttersaure Natron, während das schwefelsaure und etwa überschüssig zugesetzte kohlensaure Natron ungelöst blieb. Die filtrirte Lösung wurde von Neuem zur Trockne gebracht, dann in wenig Wasser gelöst, und nachdem sie zum Kochen erhitzt war, mit einer ebenfalls kochenden Lösung von salpetersaurem Silberoxyd versetzt. Hiebei färbte sie sich dunkel, indem sich eine kleine Menge eines schwärzlich grauen Niederschlags absetzte, wie diefs beim Erhitzen von essigsaurem Silberoxyd zu geschehen pflegt. Die noch heifs filtrirte Flüssigkeit war aber wasserklar und sonderte beim Erkalten kleine weifse Krystalle aus, welche auf einem Filtrum gesammelt, mit Wasser gewaschen und getrocknet wurden. Das so gewonnene Silbersalz mufste eine Mischung von essigsaurem und buttersaurem Silberoxyd seyn. Um diefs noch entschiedener darzuthun, habe ich dieses

Salz, von dem ich nur eine sehr geringe Menge gewann, der Analyse unterworfen.

0,212 Grm. desselben lieferten 0,1215 Grm. Kohlensäure und 0,0384 Grm. Wasser. Im Schiffchen blieben 0,1352 Grm. Silber.

Hieraus folgt folgende procentische Zusammensetzung desselben.

Kohlenstoff	15,63
Wasserstoff	2,01
Sauerstoff	18,59
Silber	63,77
	100.

Diese Zusammensetzung liegt in der Mitte zwischen der des essigsauren und des buttersauren Silberoxyds, welche bestehen aus:

	Essigs. Silberoxyd.		Butters. Silberoxyd.	
Kohlenstoff	14,37	4 C	24,62	8 C
Wasserstoff	1,80	3 H	3,59	7 H
Sauerstoff	19,16	4 O	16,41	4 O
Silber	64,67	1 Ag	55,38	1 Ag
	100.		100.	

Nimmt man an, das Salz sey ein Gemisch von 8 Atomen essigsauren und 1 Atom buttersauren Silberoxyds gewesen, so müfste es bestehen aus:

Kohlenstoff	15,68	40 C
Wasserstoff	2,02	31 H
Sauerstoff	18,81	36 O
Silber	63,49	9 Ag
	100.	

Hiernach halte ich es für gewifs, dafs sich unter den Producten der Destillation der Stearinsäure *Essigsäure* findet. Die Gegenwart der *Buttersäure* in derselben hat freilich nicht entschieden nachgewiesen nur höchst wahrscheinlich gemacht werden können.

Das ölige Destillat wurde mit Wasser gewaschen, um alle freie Säure zu entfernen, und durch ein Stück geschmolzenen Chlorcalciums entwässert. Es wurde dann in eine

kleine Retorte gegossen und im Sandbade noch einmal destillirt.

Das Destillat war eine farblose, oder kaum gelbliche, dünnflüssige Flüssigkeit, welche den Geruch besafs, der sich verbreitet, wenn man fette Säuren der Destillation unterwirft. Bei einer Temperatur von 0° C. wurde sie noch nicht fest, und setzte auch keine Spur einer festen Substanz ab.

Bei der Analyse dieses öligen Körpers erhielt ich folgende Zahlen:

I. 0,284 desselben lieferten 0,874 Grm. Kohlensäure und 0,3624 Grm. Wasser.

II. Aus 0,3251 Grm. erhielt ich 1,002 Grm. Kohlensäure und 0,416 Grm. Wasser.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung:

	I.	II.
Kohlenstoff	83,94	83,98
Wasserstoff	14,18	14,20
Sauerstoff	1,88	1,82
	100.	100.

Berechnet man die Resultate der Analysen dieses Körpers, welche von Redtenbacher [1]) ausgeführt worden sind, nach dem neueren Atomgewicht des Kohlenstoffs, so sind die gefundenen Zahlen den von mir gefundenen fast vollkommen gleich. Redtenbacher fand nämlich darin:

	I.	II.
Kohlenstoff	83,99	83,95
Wasserstoff	14,08	14,18
Sauerstoff	1,93	1,87
	100.	100.

Redtenbacher giebt jedoch, da er sich zur Berechnung seiner Resultate des alten Atomgewichts des Kohlenstoffs (76,44) bedient, nur 0,7 bis 0,77 Proc. Sauerstoff darin an, hält daher diese Flüssigkeit für einen Kohlenwasserstoff. Wenn nun auch der Sauerstoffgehalt viel gröfser ist, so mufs man doch bei der Annahme bleiben,

1) Ann. d. Chem. und Pharm. Bd. 35, S. 60*.

dafs der hauptsächlichste Bestandtheil dieses öligen Körpers ein Kohlenwasserstoff ist. Denn wollte man ihn für eine chemisch reine Substanz halten, und dafür eine Formel aufstellen, so würde sie sehr complicirt seyn, und sich nicht auf die der Stearinsäure zurückführen lassen. Am nächsten dürfte mit den gefundenen Zahlen die Formel $C^{70}H^{71}O$ übereinstimmen. Da man jedoch gewöhnlich bei der Analyse zu viel Wasserstoff erhält, so möchte ihnen die Formel $C^{70}H^{70}O$ ebenso gut anzupassen seyn

70 At. Kohlenstoff	84,17	70 At. Kohlenst.	84,34
71 At. Wasserstoff	14,23	70 At. Wasserst.	14,05
1 At. Sauerstoff	1,60	1 At. Sauerst.	1,61
	100.		100.

Hiernach liegt es nahe, dieses ölige Destillat für eine Mischung eines *Kohlenwasserstoffs* (C^nH^n) mit einem *Keton* (C^mH^mO) zu halten. Allerdings dürfte dieses letztere nicht das der Stearinsäure seyn, da es sich bei so niedriger Temperatur (150° C.) überdestilliren liefs, sondern eins mit viel geringerem Kohlengehalt.

Das bei gewöhnlicher Temperatur feste Destillationsproduct, welches bei einer Temperatur von 150° C. von dem allergröfsten Theil des bei dieser Temperatur flüchtigen flüssigen Oeles befreit worden war, war fast vollkommen farblos, im geschmolzenen Zustande gelblich, und roch namentlich im geschmolzenen Zustande ähnlich wie das flüssige, ölige Destillationsproduct. Im erstarrten Zustande erschien es vollkommen krystallinisch und bildete namentlich auf der Oberfläche lange Nadeln, wie das Gemisch von Stearinsäure und Palmitinsäure, welches bis dahin den Namen Margarinsäure getragen hat. Sein Schmelzpunkt lag bei 61°,3 C., während Redtenbacher angiebt, dafs das Destillat der Stearinsäure, welches er bei seinen Versuchen erhielt, und welchem noch der flüssige Körper beigemengt seyn mufste, den ich sofort durch eine zweite Destillation geschieden hatte, bei derselben Temperatur oder bei nur um einen Grad niedrigerer, schmelze als die Stearinsäure selbst. Vielleicht rührt diefs davon her, dafs

ich die Retorte nur am Boden von der Flamme berühren liefs, während Redtenbacher sie wahrscheinlich ohne weiteren Schutz ihrer Seitenwände über der Spirituslampe erhitzt hat. Auf diese Weise mufsten die schwerer flüchtigen und daher auch wohl schwerer schmelzbaren Destillationsproducte vollständiger verhindert werden, sich auf dem Wege zum Retortenhalse so abzukühlen, dafs sie in die Retorte zurückfliefsen konnten.

Um nun den sauren Bestandtheil dieses Theils der Destillationsproducte von den nicht sauren zu befreien, mischte ich denselben im geschmolzenen Zustande mit einem Gemisch von gebranntem Marmor, der durch Wasser in Kalkhydrat verwandelt worden war, und von etwas Alkohol anhaltend durch. Die erhaltene Kalkseife wurde in dem Aetherextractionsapparat, welchen Mohr in seinem Lehrbuch der pharmaceutischen Technik (2te Auflage S. 127) beschreibt, von den nicht sauren, in Aether löslichen Bestandtheilen befreit, dann mit Salzsäure so lange gekocht, bis die fette Säure sich als vollkommen klare Flüssigkeit ausgesondert hatte. So wurden etwa $\frac{3}{4}$ von der angewendeten Menge der Stearinsäure an saurem Destillationsproduct gewonnen.

Die so gewonnene Säure besafs nicht mehr das Ansehen der vermeintlichen Margarinsäure, sondern erschien wie vollkommen reine Stearinsäure, nur war sie nicht ganz so weifs, wie diese. Ihr Schmelzpunkt lag bei 68°,5 C. war also nahe der der Stearinsäure. Hierin weichen meine Resultate von denen Redtenbacher's sehr ab, der auf diese Weise eine bei 61° C. schmelzende Säure erhalten hat, ich vermuthe, weil er vielleicht nicht chemisch reine Stearinsäure, sondern die der Stearinsäurefabriken zu seinem Versuche benutzt hat.

Die bei 68°,5 C. schmelzende Säure wurde der Umkrystallisation unterworfen. Es zeigte sich bald, dafs derselben noch eine kleine Menge einer in Alkohol sehr schwer löslichen Substanz beigemischt war. Um diese zu scheiden, löste ich sie in etwa dem zwanzig bis dreifsig-

fachen Gewicht heifsen Alkohols auf und filtrirte die Lösung erst, als sie sich bis auf etwa 20° C. abgekühlt hatte. Auf dem Filtrum blieb jene Substanz mit etwas der Säure gemischt zurück. Zu dem Filtrat setzte ich noch ein gleiches Volum Alkohol, um, wenn von jener Substanz noch etwas in Alkohol gelöst geblieben seyn sollte, ihre Abscheidung bei fernerem Abkühlen zu verhindern. Die in der Kälte abgeschiedene Stearinsäure wurde ausgeprefst. Sie schmolz genau bei 69°,2 C., und besafs alle Eigenschaften der reinen Stearinsäure. Durch ferneres Umkrystallisiren veränderte sich der Schmelzpunkt nicht mehr, auch konnte sie durch partielle Fällung mit essigsaurer Magnesia nicht in Säureportionen geschieden werden, die in den Eigenschaften namentlich im Schmelzpunkt mit ihr selbst oder unter sich irgend wesentliche Verschiedenheiten gezeigt hätten. Die Hauptmasse des Destillationsproducts der Stearinsäure ist also unveränderte *Stearinsäure*.

Die Flüssigkeit, welche von der herauskrystallisirten Stearinsäure abgeprefst worden war, wurde mit einer alkoholischen Lösung von essigsaurem Bleioxyd versetzt, worauf ein geringer Niederschlag entstand, der abfiltrirt und ausgeprefst wurde. Die davon abgeschiedene Flüssigkeit wurde auf Zusatz von Wasser kaum merklich gefällt, enthielt also keine wesentliche Menge der Säure. Die Untersuchung der dadurch abgeschiedenen Substanz, die ausführlich zu beschreiben ich für überflüssig halte, lehrte, dafs sie aus den Aetherarten der Stearinsäure und von Spuren anderer fetten Säuren bestand. Das Bleisalz wurde mit stark verdünnter Salzsäure so lange gekocht, bis die ausgeschiedene fette Säure eine klare Flüssigkeit bildete; diese Säure schmolz bei 63°,5 C., mufste also noch wesentliche Mengen Stearinsäure enthalten. In der That stieg ihr Schmelzpunkt durch das erste Umkrystallisiren auf 68° C. und durch ein zweites auf 69°,2 C. Durch ferneres Umkrystallisiren änderte sich der Schmelzpunkt nicht ferner.

... alkoholischen Lösungen, welche von der bei 69°,2 C.

schmelzenden Säure abgeprefst worden waren, wurden mit Kalihydrat unter stetem Wasserzusatz eingekocht, um die etwa durch das Erhitzen mit Alkohol in kleiner Menge gebildeten Aether zu zersetzen und dann die Kaliseife durch Salzsäure zersetzt. Die nun ausgeschiedene Säure schmolz bei 48—49° C. Die Quantität derselben war nur äufserst gering. Dennoch krystallisirte ich sie um. Die aus dem Alkohol beim Erkalten sich ausscheidende Säure schmolz bei 66° C., war daher ohne Zweifel zum gröfsten Theil Stearinsäure. Die geringe Menge derselben machte die fernere Wiederholung dieser Operation unmöglich. Die Flüssigkeit aber, welche davon abgeschieden war, enthielt eine Säure, die, wie oben von allen beigemengten Aetherarten befreit, bei 43°,7 C. schmolz.

Aus diesen Untersuchungen geht hervor, dafs bei der Destillation der Stearinsäure noch andere Säuren der Fettsäurereihe entstehen, jedoch in so geringer Menge, dafs ihre Natur nicht hat ausgemittelt werden können. Jedenfalls müssen es Säuren seyn, die einen geringeren Kohlenstoffgehalt besitzen, als die Stearinsäure, deren Schmelzpunkt daher niedriger ist, als der der Stearinsäure. Da auch Buttersäure und Essigsäure bei der trocknen Destillation der Stearinsäure in geringer Menge entsteht, so ist wahrscheinlich, dafs unter günstigen Umständen dabei Spuren aller der Säuren der Fettsäurereihe entstehen können, welche weniger Kohlenstoff enthalten, als die Stearinsäure. Ist diefs der Fall, so müssen aufserdem Kohlenwasserstoffe der verschiedensten Art sich bilden, deren Zusammensetzung aber durch die Formel C_nH_n ausgedrückt werden kann. Denn $C_{36}H_{36}O_4 - C_mH_mO_4 = C_{36-m}H_{36-m}$. Solch ein Kohlenwasserstoff ist der gasförmige, der von Chevreul bei der Destillation der Stearinsäure beobachtet wurde, so wie der flüssige, der noch mit einem Keton gemengt das leichtest flüchtige nicht saure Product der Stearinsäure ausmacht. Wir werden später sehen, dafs Gründe für die Annahme vorhanden sind, dafs auch fester Kohlenwasserstoff bei jener Destillation entstehe.

Der weiter oben (S. 279) erwähnte, beim Umkrystallisiren des sauren Destillationsproducts der Stearinsäure aus dem Alkohol sich zuerst aussondernde Körper, von dem nur eine geringe Menge vorhanden war, wurde, um ihn von der Stearinsäure zu befreien, in kochendem Aether aufgelöst. Beim Erkalten der filtrirten Lösung schied er sich fast vollständig wieder aus. Er bildete kleine, feine, mikroskopische Blättchen, deren Form selbst bei stärkerer Vergröfserung unkenntlich war. Diese Substanz, die durch Filtriren, Auswaschen mit Aether und Pressen des Filtrums mit dem darauf gesammelten Niederschlage zwischen Fliefspapier rein dargestellt werden konnte, bildet einen festen, sehr weifsen perlmutterartig glänzenden Körper, schmilzt erst bei 87°,5 C., und wird durch die geringfügigsten Umstände aufserordentlich stark elektrisch. Will man sie von dem Papier lösen und in ein Glas schütten, so gelingt diefs nicht, weil die einzelnen Stücke durch das Verschieben auf dem Papier so stark gleichnamig elektrisch werden, dafs, wenn eins davon an dem Rande des Glases hängen bleibt, das andere nicht folgen kann. In kaltem Aether ist diese Substanz fast unlöslich und selbst in kochendem löst sie sich nur schwer auf. Die Quantität dieser Substanz war zu gering, um sie näher untersuchen zu können. Ich hoffte mehr davon in dem Theil des Destillates der Stearinsäure zu finden, welcher durch Aether aus dem Kalksalz des sauren Theils desselben ausgezogen worden war.

Die ätherische Lösung, welche von der Verbindung des Kalks mit der fetten Säure abgeflossen war, setzte in der That beim Erkalten eine weifse Substanz ab, die der eben erwähnten, selbst unter dem Mikroskop betrachtet, ganz gleich erschien. Sie wurde abfiltrirt, mit Aether gewaschen und geprefst, worauf sie sich ganz so verhielt, wie jene. Ihr Schmelzpunkt lag bei 87°,5 C., so dafs an der Identität beider Körper nicht mehr gezweifelt werden kann. Die Menge dieser Substanz war jedoch ebenfalls äufserst gering, so dafs sie, selbst wenn beide Portionen zu-

sammengebracht wurden, dennoch nicht zu einer Elementaranalyse genügte.

Als die Lösung, welche von dieser Substanz getrennt worden war, der freiwilligen Verdunstung überlassen wurde, schied sich allmälig eine andere, weifse, feste Substanz aus, die keinenfalls von dem bei 87°,5 C. schmelzenden Körper ganz frei war und durch ihre weiche, fast schmierige Beschaffenheit darauf hindeutete, dafs sie ein Gemisch mehrerer Substanzen war. Die Quantität auch dieser Substanz war nur sehr gering, obgleich gröfser als die jenes Körpers. Ich durfte aber nicht hoffen, irgend einen Stoff in chemisch reinem Zustande daraus abzuscheiden. Deshalb unterliefs ich die fernere Untersuchung desselben.

Die von dieser Substanz abgeprefste Flüssigkeit endlich wurde der ferneren Verdunstung überlassen, wobei eine Flüssigkeit zurückblieb, die erst bei einigen Graden über 0° C. fest und wenige Grade darüber wieder flüssig wurde. Auch diese Substanz war ein Gemisch mehrerer Substanzen. Um diefs nachzuweisen wurde sie der fractionirten Destillation unterworfen. Der Kochpunkt der Flüssigkeit stieg ganz allmälig. Erst etwa bei 250° C. begannen sich aus derselben Dampfblasen zu entwickeln, aber erst bei 270° C. kam die Flüssigkeit in volles Kochen und nun stieg der Kochpunkt derselben allmälig, ohne dafs ein dauernder Stand des Thermometers hätte beobachtet werden können. Der Theil des Destillats, welcher zwischen 273° C. und 293° C. aufgefangen wurde, war farblos und flüssig, und wurde selbst bei niederer Temperatur (0° C.) nicht fest. Es setzten sich daraus nur einzelne blättrige Krystalle ab. Der zweite, zwischen 293° C. und 309° C. aufgefangene Theil desselben war zwar eben so farblos und bei gewöhnlicher Zimmertemperatur eben so flüssig als der erste, allein bei 0° C. wurde die Flüssigkeit scheinbar fest, indem sich eine grofse Menge grofsblättriger Krystalle daraus aussonderte, welche die Flüssigkeit zwischen sich so einschlossen, dafs letztere nicht

ausfliefsen konnte. Der Rückstand endlich in der Retorte, der bei 309° C. nicht überdestillirt war, wurde schon bei gewöhnlicher Zimmertemperatur fest. Bei so gemischter Natur der Flüssigkeit, die im Ganzen nur etwa ein Loth betrug, und bei der Indifferenz der Bestandtheile derselben war es unmöglich, letztere zu isoliren. Ich habe daher nur das letzte Destillat, welches zwischen 293° und 309° C. erhalten worden war, elementaranalytisch untersucht, um wenigstens zu erfahren, ob der procentische Gehalt der festen Substanz an Kohlenstoff und Wasserstoff gröfser oder geringer ist, als der des bei niedrigster Temperatur erhaltenen Destillats, dessen Analyse schon S. 277 angeführt ist.

0,258 Grm. dieser Substanz lieferten 0,8036 Grm. Kohlensäure und 0,3302 Grm. Wasser.

Aus 0,2068 Grm. derselben erhielt ich 0,6441 Grm. Kohlensäure und 0,264 Grm. Wasser.

Diese Zahlen entsprechen folgender Zusammensetzung

	I.	II.
Kohlenstoff	84,95	84,94
Wasserstoff	14,22	14,17
Sauerstoff	0,83	0,89
	100.	100.

Die Resultate dieser Analysen zeigen, dafs mit dem höheren Schmelz- und Kochpunkt allerdings der Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt der nicht sauren Destillationsproducte wächst, aber doch nur sehr unbedeutend. Auch dieses Destillationsproduct darf als eine Mischung von Ketonen und von Kohlenwasserstoff von der Formel $C_n H_n$ betrachtet werden, und der gröfsere Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt beweist entweder, dafs die Kohlenwasserstoffe darin vorwalten, oder dafs das Keton, welches sich darin befindet, reicher an Kohlenstoff und Wasserstoff ist. Da der Kochpunkt sich gesteigert, der Sauerstoffgehalt aber sich auf die Hälfte gegen den des leichtest flüchtigen öligen Destillats vermindert hat, so ist wahrscheinlich beides gleichzeitig der Fall.

Um endlich über die Substanzen Aufschlufs zu erhalten, welche in der Retorte zurückgeblieben waren, löste ich den Rückstand in derselben, der schwarzbraun gefärbt war, in kaltem Aether auf. Dabei blieb eine nicht unbedeutende Menge ungelöst. Diese wurde auf ein Filtrum gebracht und abgeprefst. Die ätherische Lösung setzte beim Verdunsten immer mehr eine feste Substanz ab, die so lange gesammelt wurde, bis endlich ein bei gewöhnlicher Temperatur flüssig bleibender Körper zurückblieb. Die ganze Menge dieser festen Substanz, die braun gefärbt war, kochte ich jetzt mit einer grofsen Masse Aether, worin sie sich endlich ganz mit brauner Farbe löste. Aus der filtrirten Flüssigkeit setzte sich ein grofser Theil derselben, aber mit immer noch brauner Farbe wieder ab. Um diese Substanz zu entfärben, mischte ich sie, ohne sie von dem ebenfalls noch gefärbten Aether zu trennen, mit etwas frisch geglühter Knochenkohle und brachte nun den Aether wieder zum Kochen. Als ich ihn nun filtrirte, flofs die Lösung vollständig wasserhell ab und beim Erkalten schied sich die Substanz vollständig farblos aus. Sie besafs alle Eigenschaften des aus den Destillationsproducten der Stearinsäure abgeschiedenen, bei 87°,5 C. schmelzenden Körpers. Selbst unter dem Mikroskop konnte kein Unterschied bemerkt werden. Als sie filtrirt, mit Aether ausgewaschen und ausgeprefst worden war, erschien sie ebenfalls, wie jene, nur dafs der Perlmutterglanz etwas geringer war, was wohl nur daher kommen mochte, dafs die Krystallblättchen sich hier kleiner und weniger ausgebildet ausgesondert hatten. Nur der Schmelzpunkt zeigte noch einen merklichen Unterschied. Er wurde bei 86°,5 C. gefunden, während der jener Substanz bei 87°,5 C. lag. Ich glaubte dieser Körper möchte noch nicht ganz rein seyn, und versuchte ihn durch Umkrystallisiren aus Aether zu reinigen. Allein obgleich diefs mehrfach wiederholt wurde, änderte sich der Schmelzpunkt doch nicht. Trotz der geringen Differenz im Schmelzpunkt glaube ich die bezeichneten Körper für identisch halten zu dürfen. Vielleicht war der

eine oder der andere derselben durch eine Spur einer Beimengung verunreinigt, die durch Umkrystallisiren sich nicht entfernen liefs.

Aus dem Rückstand in der Retorte erhielt ich von diesem Körper so viel, dafs ich ihn analysiren konnte.

0,1858 Grm. dieser Substanz lieferten 0,5653 Grm. Kohlensäure und 0,2334 Grm. Wasser.

Aus 0,1922 Grm. derselben erhielt ich 0,5848 Grm. Kohlensäure und 0,2396 Grm. Wasser.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung dieses Körpers

	I.	II.	Berechnet.	
Kohlenstoff	82,98	82,98	83,00	35 C
Wasserstoff	13,96	13,85	13,84	35 H
Sauerstoff	3,06	3,17	3,16	1 O
	100.	100.	100.	

Diese Substanz ist also das Stearon, dessen Existenz schon von Bussy [1]) angegeben, von Redtenbacher [2]) wieder geleugnet worden ist. Es befindet sich unter den Destillationsproducten der Stearinsäure, jedoch nur in geringer Menge, weil es sehr schwer flüchtig ist und gewifs bei seiner Verflüchtigung zum Theil zersetzt wird. In gröfserer Menge findet man es in dem Rückstande in der Retorte, wenn man die Destillation nicht bis zu Ende führt. Nach Bussy schmilzt diese Substanz bei 86° C.

Die ätherische Lösung, aus welcher sich diefs Stearon abgesetzt hatte, wurde nun verdunstet. Es setzte sich daraus endlich noch ein fester, weifser Körper ab, der ganz die Eigenschaften desjenigen zu besitzen schien, welcher sich aus der ätherischen Lösung der nicht sauren Destillationsproducte beim Verdunsten abgeschieden hatte. Die Menge desselben war so gering, dafs er nicht weiter untersucht werden konnte. Nur so viel habe ich dargethan, dafs nur noch eine Spur einer festen fetten Säure in dieser Substanz enthalten war, in der sie doch enthalten seyn mufste, wenn

1) *Annales de Chimie et de Phys.* T. 53, p. 398; Ann. der Chem. und Pharm. Bd. 9, S. 269*.

2) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 35, S. 59*.

sie überhaupt noch in dem Retortenrückstand gewesen wäre.

Die Flüssigkeit endlich, aus welcher sich die beiden Körper, von denen so eben die Rede gewesen ist, abgeschieden hatten, war stark braun gefärbt. Ich versuchte sie wie jene feste Substanz in ihrer ätherischen Lösung durch Thierkohle zu reinigen, allein ohne Erfolg. Die Menge dieser Flüssigkeit war nur gering, weshalb sie nicht näher untersucht werden konnte. Sie verhielt sich aber abgesehen von ihrer Farbe ganz ähnlich wie die, welche auf analoge Weise aus den nicht sauren Destillationsproducten gewonnen worden war, nur wurde sie etwas leichter fest.

Die Schlüsse, welche sich mit Sicherheit aus der vorstehenden Untersuchung ergeben, sind folgende:

1) Bei der trockenen Destillation der Stearinsäure destillirt der gröfste Theil dieser Säure unverändert über. Die vermeintliche Margarinsäure bildet sich dabei nicht.

2) Die Destillationsproducte derselben enthalten aber aufserdem noch mehrere andere Säuren, worunter Essigsäure, wahrscheinlich auch Buttersäure, jedenfalls aber eine (oder mehrere (?)) flüchtige, der Buttersäure ähnlich riechende, mehr Kohlenstoff als die Essigsäure enthaltende, der Formel $C^n H^n O^4$ angehörende Säure, so wie vielleicht mehrere, jedenfalls aber wenigstens eine der festen fetten Säuren, wenn auch nur in sehr geringer Menge.

3) Zu den Destillationsproducten der Stearinsäure, welche nicht saure Eigenschaften besitzen, sind die Kohlenwasserstoffe zu zählen, welche theils in fester, theils in flüssiger, theils in gasförmiger Form bei jener Destillation abgeschieden werden. Sie scheinen alle der Formel $C^n H^n$ anzugehören. Ich habe wenigstens kein Zersetzungsproduct der Stearinsäure analysirt, mochte es von diesen Kohlenwasserstoffen enthalten oder nicht, welches nicht ebenso viel Aequivalente Kohlenstoff als Wasserstoff enthalten hätte.

4) Eine dritte Gruppe der Zersetzungsproducte der

Stearinsäure durch Hitze sind die Ketone, unter denen das Stearon ($C^{35}H^{35}O$ oder vielmehr $C^{70}H^{70}O^{2}$) entschieden nachgewiesen worden ist. Es scheint aber ebenso gewifs zu seyn, dafs noch andere Körper dieser Gruppe darin vorkommen, denn das bei 150° C. destillirte flüssige Oel, das noch fast 2 Proc. Sauerstoff enthielt, konnte unmöglich so viel Stearon enthalten, dessen Sauerstoffgehalt nur wenig über 3 Proc. beträgt, dafs dadurch die Gröfse seines Sauerstoffgehalts erklärt werden könnte.

5) Endlich befinden sich unter den Destillationsproducten der Stearinsäure, wie diefs schon von Chevreul nachgewiesen und von Redtenbacher bestätigt worden ist, Wasser und Kohlensäure.

Wenn man sich nun die Aufgabe stellt, mit Hülfe der gefundenen Thatsachen eine Erklärung des Processes zu geben, durch welchen alle diese Körper entstehen, so wird man unwillkürlich auf den Gedanken geführt, dafs bei der Destillation der Stearinsäure mehrere und zwar drei Processe neben einander herlaufen müssen. Der eine ist der Procefs der unveränderten Destillation der Stearinsäure, der zweite giebt Anlafs zur Bildung der Kohlenwasserstoffe und der Säuren der Reihe $C^{n}H^{n}O^{4}$, die weniger Kohlenstoff enthalten als die Stearinsäure, durch den dritten endlich entstehen die Kohlensäure, das Wasser und das Stearon, welches, indem es bei der hohen Temperatur, bei welcher es überdestilliren würde, gröfsten Theils zersetzt wird, in Kohlenwasserstoffe und andere Ketone zerfällt.

Die Formeln, durch welche diese verschiedenen chemischen Processe anschaulich gemacht werden können, sind folgende:

I. $C^{36}H^{36}O^{4} = C^{n}H^{n}O^{4} + C^{36-n}H^{36-n}$.

II. $C^{36}H^{36}O^{4} = CO^{2} + HO + C^{35}H^{35}O$.

III. $C^{35}H^{35}O = C^{n}H^{n}O + C^{35-n}H^{35-n}$.

XI. *Beitrag zur Kenntnifs der Inductions-Apparate und deren Wirkungen;* *von J. C. Poggendorff.*

Gelesen in der Akademie am 7ten Dec. 1854 und 18 Jan. d. J., auszugsweise schon im Januarheft der Monatsberichte d. J. enthalten).

Die nachstehende Untersuchung wurde veranlafst durch den Anblick eines für das physikalische Kabinett der hiesigen Universität angeschafften Ruhmkorff'schen Inductions-Apparats, der zwar in seiner Ausführung und seinen Wirkungen die seitherigen Vorrichtungen dieser Art bei weitem übertrifft, mir aber doch die Ueberzeugung einflöfste, dafs er noch nicht den letzten Grad von Vollkommenheit besitze, und auch hinsichtlich der Erscheinungen, zu denen er Anlafs giebt, durch die bisjetzt veröffentlichten Arbeiten noch nicht genügend erforscht worden sey. Demgemäfs zerfällt diese Untersuchung in zwei Theile; der eine handelt von der Construction des Apparats, der andere von den Wirkungen desselben.

I. Construction des Apparats.

In seiner gegenwärtigen Gestalt besteht derselbe aus nicht weniger als sechs Theilen, nämlich 1) der Drahtrolle, in welcher die Induction entwickelt wird, der Inductionsrolle, 2) der Drahtrolle, welche den inducirenden galvanischen Strom leitet, hier kurzweg Hauptrolle genannt, 3) dem Eisendraht-Bündel, 4) dem Strom-Unterbrecher, 5) dem Condensator und 6) der Volta'schen Batterie, als primärer Elektricitätsquelle, zu welchen Theilen endlich noch einige Hülfsapparate kommen. Jedes dieser sechs Elemente wirkt auf die fünf übrigen mehr oder weniger ein, und das Endresultat, der Inductionsstrom, hängt von der zweckmäfsigen Einrichtung und Anordnung aller ab.

Inductionsrolle.

Ich begann meine Arbeit mit dieser Rolle. Es schien mir, als sey dieselbe bisher noch nicht nach dem rechten Princip construirt worden. Bei allen bisherigen Inductionsrollen nämlich bilden die Drahtwindungen Lagen, die sich hin und her ohne Unterbrechung über die ganze Länge der Rolle erstrecken, gewöhnlich in gerader Anzahl, so dafs Anfang und Ende des Drahts an einem und demselben Ende der Rolle liegen. Nun aber ist klar, dafs in einem Draht, dessen Punkte alle in ziemlich gleichem Grade elektrisch erregt werden, die Spannung von der Mitte aus nach den Enden hin in entgegengesetztem Sinne wachsen mufs. Es werden also bei eben erwähnter Umwicklungsart Drahtpunkte, die in grofser elektrischer Differenz stehen, einander sehr nahe gebracht, und dadurch mufs das Ueberspringen von Funken zwischen solchen Punkten sehr befördert, mithin die Wirkung der Rolle nach aufsen sehr geschwächt seyn.

Es schien mir, als könne man diesem Uebelstand, wenigstens theilweise, dadurch abhelfen, dafs man die Rolle ihrer Länge nach in mehre Abtheilungen zerfälle, und nun eine nach der anderen in der früher für die ganze Rolle angewandten Weise mit Draht bewickle, doch mit dem Unterschied, eine ungerade Zahl von Lagen zu nehmen, um somit den Draht regelmäfsig von einer Abtheilung zur anderen fortführen, und schliefslich seine Enden an den entgegengesetzten Enden der Rolle auslaufen lassen zu können.

Ferner war einleuchtend, dafs man, wenn man bedeutende Spannungswirkungen erlangen wolle, auch für eine gute Isolation der Drahtwindungen sorgen müsse. Wo man die gewöhnliche und auch nie zu entbehrende Umspinnung mit Seide noch durch ein zweites Isolationsmittel unterstützt hat, hat man sich dazu, meines Wissens, immer eines alkoholischen Lackfirnisses bedient. Ein solcher erfüllt aber hier, wo man den Draht, wegen seiner grofsen Länge, doch nicht füglich anders als lagenweise firnissen kann, seinen Zweck nur unvollkommen, weil er unter sol-

chen Umständen äufserst langsam, vielleicht niemals vollständig austrocknet, und dann immer einen gewissen Grad von Leitung verstattet, einen gröfseren sogar als die trockene Seide für sich.

Ich hielt es für besser, statt dessen einen leicht schmelzbaren Isolator anzuwenden (Wallrath, Stearinsäure, ein Gemisch von Wachs und Oel [1])) und denselben, stark erhitzt über seinen Schmelzpunkt, aufzutragen, damit er auf den kalten Lagen der Drahtwindungen nicht sogleich erstarre, sondern deren Seiden-Ueberzug wohl durchdringe und vollständig tränke.

Um ferner nach aufsen hin eine gute Isolation herzustellen, hielt ich es für zweckmäfsig, den Draht auf einen Glascylinder zu wickeln, die Seitenfassungen dieses Cylinders von Guttapercha zu nehmen, zumal sich in derselben die Ansatzstifte des Drahts sehr wohl befestigen lassen, dann die ganze Rolle mit einem dicken Wachs-Ueberzug zu versehen, und endlich, nachdem auch dieser gefirnifst worden, zwei starke Ringe von Guttapercha herumzulegen, mittelst welcher das Ganze auf einem Holzgestelle ruhen könne.

Nach diesen Principien habe ich mir einstweilen drei Inductionsrollen angefertigt, von denen jede eine Länge von $5\frac{3}{4}$ par. Zoll, einen inneren Durchmesser von 22 par. Lin. und einen äufseren von 32 besitzt.

Zwei derselben enthalten einen äufserst dünnen Draht, einen Draht von nur 0,15 Mllm. Durchmesser; in der dritten ist er beträchtlich dicker, nämlich von 0,25 Mllm. Durchmesser.

In jeder der beiden ersten hat der Draht eine Länge von rund gerechnet 10000 par. Fufs und macht in 8 Abtheilungen, deren jede 33 Lagen enthält, etwa 16000 Windungen.

Der Draht der dritten Rolle ist etwa 2400 par. Fufs

1) Noch besser wäre vielleicht Paraffin, da es ebenfalls leicht schmilzt und, nach Riefs, sehr gut isolirt, auch jetzt käuflich zu haben ist.

lang und bildet in jeder der Abtheilungen, welche sie enthält, 19 Lagen.

Für gewisse Zwecke wurde noch eine vierte Rolle construirt, die etwa 1200 Fuſs des dickeren Drahts enthielt, und einen solchen äuſseren Durchmesser besaſs, daſs sie *in* eine der sogleich zu erwähnenden Hauptrollen eingeschoben werden konnte.

Wiewohl ich bei Anfertigung aller dieser Rollen mit möglichster Sorgfalt verfahren bin, und auch glaube, daſs sie mehr leisten als andere von gleichen Dimensionen, die nach der gewöhnlichen Methode dargestellt worden sind, so hege ich doch nicht die Meinung meinen Zweck schon vollkommen erreicht zu haben; im Gegentheil habe ich mich überzeugen müssen, daſs die angewandte Isolation noch lange nicht stark genug ist, um die Rollen gegen die Zerstörungen zu schützen, welche beim Gebrauch die Funken in ihrem Innern anrichten.

Ich habe dieſs besonders bei der zweiten der aus feinem Draht gebildeten Rolle erfahren müssen. Gleich nach ihrer Anfertigung waren die Funken- und Spannungs-Erscheinungen auſserordentlich, ich kann wohl sagen erstaunlich, aber schon nach einer Viertelstunde nahm die Wirkung bedeutend ab. Sie war nun auf einen stabilen Zustand gekommen, den sie Monate lang behielt, und mit dem ich immer noch zufrieden seyn konnte, da sie, durch zwei Grove'sche Elemente angeregt, eine Funkenweite von über 5 par. Linien, fast 12 Mllm., lieferte. Wahrscheinlich würde sie diesen Zustand permanent behalten haben, wenn ich nicht später einmal veranlaſst worden wäre, sie durch vier Grove's in Thätigkeit zu setzen. Ich erhielt nun Funken von über 7 par. Lin. (16 Mllm.), erhielt sie aber nur in den ersten Minuten; in den folgenden nahmen sie merklich ab, und als ich nun wieder zu 2 Grove'schen Elementen zurückging, bekam ich statt der früheren Schlagweite von *fünf* par. Lin. nur noch eine von *vier*.

Aus dieser Erfahrung geht hervor, daſs, wenn man seine Inductionsrollen conserviren will, man sie ja nicht zu sehr

anstrengen mufs, — wenigstens nicht im ungeschlossenen Zustande oder zur Erlangung von Funken in Luft von gewöhnlicher Dichtigkeit, weil dabei die erregte Elektricität eine grofse Spannung besitzt und sich deshalb überall zwischen den Drahtwindungen Bahn zu brechen sucht. Bei Versuchen, wo zwischen den Polen des Inductionsdrahts ein mehr oder weniger guter Leiter vorhanden und demgemäfs die Spannung nicht so grofs ist oder wohl ganz fehlt, hat man natürlich diese Verschlechterung der Rollen nicht zu befürchten. Für solche Fälle ist denn auch die starke Isolation der Drahtwindungen kein so nothwendiges Bedürfnifs. Die Licht-Erscheinungen im partiellen Vacuo eines wohl ausgepumpten elektrischen Eies erhält man z. B. durch einen mäfsig isolirten Draht ebenso gut als durch einen von möglichst starker Isolation, gleichwie sie auch, sobald der Widerstand eines solchen Vacuums gegen den des Inductionsdrahts schon ein verschwindender ist, durch eine fernere Verlängerung dieses Drahts nicht an Ausbildung gewinnen.

Ohne Zweifel würden die Inductionsrollen für die Erlangung von Funken und anderen Spannungs-Erscheinungen wirksamer und dauerhafter ausfallen, wenn man die Dicke des isolirenden Zwischenmittels vergröfserte. Allein, wenn sich auch dann die Länge des Drahts beträchtlich reduciren liefse, würde dennoch die Rolle, um eine bedeutende Wirkung zu liefern, sehr voluminös gemacht werden müssen, die inducirende Rolle müfste in entsprechendem Grade vergröfsert, die Volta'sche Batterie verstärkt werden, und damit verlöre denn der Apparat sehr viel an Bequemlichkeit des Gebrauchs.

Ich glaube, dafs sich die erwähnten Uebelstände beträchtlich vermindern lassen, wenn man 1) keinen zu dünnen Draht wählt (Draht von $\frac{1}{4}$ Mllm. Durchmesser dürfte für die meisten Zwecke am geeignetsten seyn), 2) demselben eine recht starke Umspinnung geben läfst, und 3) statt des starren Isolationsmittels ein flüssiges anwendet, ein fettes oder ätherisches Oel, z. B. rectificirtes Terpen-

thinöl. Dadurch würde wenigstens der allmäligen Verschlechterung der Rolle vorgebeugt seyn, denn die Kanäle, welche die Funken sich durch Verbrennung der Seide zwischen den Drahtwindungen gebohrt hätten, würden durch die Flüssigkeit immer wieder ausgefüllt werden.

Man könnte ferner die Anzahl der Abtheilungen auf der Rolle noch über die von mir gewählte vergröfsern, könnte auch die ganze Rolle aus losen und natürlich wohl isolirten Drahtringen zusammensetzen. Letzteres hätte den Vortheil, dafs sich die schadhaften Ringe leicht durch neue ersetzen liefsen; allein der Apparat würde dadurch eine Menge Verbindungsklemmen erfordern und sehr complicirt werden. Auch darf man sich von einer verschiedentlichen Combination dieser Drahtringe keinen sonderlichen Nutzen versprechen, denn diese Ringe sind, wegen ihrer verschiedenen Lage zu der inducirenden Rolle, Elemente von ungleichem Werthe. Will man Länge und Dicke des Inductionsdrahts veränderlich machen, um deren Einflufs auf die Erscheinungen zu studiren, so ist es weit zweckmäfsiger, sich mehre ganze Apparate von kleinen Dimensionen (etwa vier wie die meiner dritten Inductionsrolle) anzuschaffen, und dieselben dann nach Erfordernifs zu combiniren.

Endlich bin ich der Meinung, dafs die gewöhnliche und auch bisjetzt noch von mir angewandte cylindrische Form keineswegs die vortheilhafteste für die Inductionsrolle ist. Ich halte eine solenoïd- oder spindelartige Gestalt für besser, weil die inducirende Rolle und das Drahtbündel ihre Wirkung hauptsächlich in der Mitte ausüben. Bisjetzt habe ich indefs noch nicht Zeit gehabt, alle diese zeitraubenden und mühsamen Abänderungen mit dem Apparate vorzunehmen.

Hauptrolle

Als inducirende Rollen habe ich für gewöhnlich drei angewandt, die einander vollkommen gleich sind. Ihre Construction weicht nur in sofern von der allgemein üblichen ab, dafs jede derselben zwei übersponnene und übefirnifste

Kupferdrähte enthält, die entweder einzeln oder verbunden, neben- oder hintereinander, angewandt werden können.

Der Draht ist 1 Mllm. dick und jede seiner Hälften etwa 100 par. Fufs lang. Er bildet auf der Röhre, die bei zwei Exemplaren von Pappe, bei dem dritten von Glas ist, und einen inneren Durchmesser von 15½ par. Lin. besitzt, vier Lagen und füllt somit die Inductionsrolle vollständig aus.

Aufserdem habe ich in einigen Fällen noch eine vierte Hauptrolle mit dünnerem Draht angewandt, mit Draht von 0,67 Mllm. Durchmesser und nahe 400 par. Fufs Länge, gewickelt auf eine Pappröhre.

Es verdient hier wohl bemerkt zu werden, dafs, unter sonst gleichen Umständen, die inducirende Wirkung eines galvanischen Stroms, ganz wie seine magnetisirende Wirkung, ein Product seiner Stärke in seine Länge ist, und dafs man daher einen kurzen, dicken Draht und grofse Stromstärke sehr wohl durch einen langen, dünnen Draht und kleine Stromstärke ersetzen kann [1]). Letzteres ist vortheilhaft, wenn die Wirkung lange unterhalten werden soll, weil dabei die Volta'sche Batterie weniger angegriffen wird; allein es wächst auch dabei der innere Inductionsstrom, der sogenannte Extrastrom, an Intensität, und das führt wiederum Nachtheile herbei, von denen später mehr.

Eisendrahtbündel.

Gewöhnlich bildet man diefs Bündel aus ziemlich dicken Drähten, man kann wohl sagen: kleinen Stäben, welche von einer gemeinsamen Hülle fest zusammengehalten, aber doch durch einen isolirenden Firnifs von einander getrennt werden.

Auch ich habe in einigen Fällen ein solches Stabbündel angewandt, allein für gewöhnlich benutzte ich Bündel aus

1) Sind zu einer gegebenen Inductionsrolle auch das Volum des inducirenden Drahts und die Volta'sche Kette gegeben, so findet das Maximum der Inductionswirkung statt, wenn der Widerstand des inducirenden Drahts dem übrigen Widerstand der Batterie gleich ist, — abgesehen dabei jedoch von der Wirkung des Extrastromes. S. Ann. Bd. 55, S. 45.



viel dünnerem Draht, einmal weil mit der Dünnheit die Wirkung nur steigen kann, und dann, weil sie mir erlaubte die Bündel selber anzufertigen. Der Draht hält nur 0,25 Mllm. im Durchmesser. Er wurde ausgeglüht, in Stücke von angemessener Länge zerschnitten, mit Seidenfäden zu einem Bündel gebunden, und endlich der besseren Handhabungen wegen mit einer Papierhülle umgeben.

Die Drähte mit einem Firnifs zu überziehen, fand ich überflüssig, theils weil die Oxydulschicht, welche sich beim Glühen auf ihrer Oberfläche bildet, schon ein relativ schlechter Leiter ist, theils weil die Unregelmäfsigkeit der Lücken zwischen den keines ganz gerade gebliebenen Drähten mehr als hinreicht, die schädliche Continuität im Sinne der Peripherie des Bündels zu vernichten. Hütet man sich nur, die Zwischenräume durch übermäfsiges Einschnüren zu sehr zu verringern, so leistet ein solch kunstloses Drahtbündel ebenso viel und mehr als ein aufs sorgfältigste aus schnurgeraden und einzeln gefirnifsten Stähchen zusammengesetztes von gleichem Gewicht.

Zwei der von mir angewandten Bündel sind wenig länger als die Inductionsrollen, halten nämlich 6 par. Zoll in Länge und 13 Unzen im Gewicht. Ein drittes ist drei Mal so lang, also $1\frac{1}{2}$ Fufs. Jedes von ihnen enthält 4200 Drähte von angegebener Stärke.

Ich habe mich indefs überzeugt, dafs man diese Anzahl unbeschadet der Wirkung bedeutend verringern kann, wobei denn natürlich die Hauptrolle zum Theil unausgefüllt bleibt.

Ich fand sogar, dafs ein hohles Bündel vom erwähnten Draht, welches einen leeren cylindrischen Raum von 9 par. Lin. Durchmesser einschlofs und nur halb so viel wog als das massive, eben solche Wirkung that wie dieses.

Es überraschte mich dabei zu sehen, dafs sich in den hohlen Raum dieses Drahtbündels ein massiver Stab von weichem Eisen einschieben liefs, ohne dafs dadurch die Wirkung der Inductionsrolle geschwächt wurde; wogegen derselbe Eisenstab, entkleidet von der Drahthülle, ganz

unverkennbar die Wirkung verringerte, welche die Hauptrolle für sich auf die Inductionsrolle ausübte.

Es ist diefs offenbar ein Analogon zu der vor vielen Jahren von Magnus beobachteten Thatsache, dafs ein massiver Eisenstab, eingeschoben in eine aufgeschlitzte Blechröhre, die Wirkung dieser nur wenig schwächt [1]).

Das Eisendrahtbündel ist practisch von grofsem Nutzen, theoretisch führt es Complicationen ein. Wollte man es dieserwegen fortlassen, so müfste man dem Apparat, um nichts an Wirkung zu verlieren, eine etwas andere Einrichtung geben. Man müfste der inducirenden Drahtrolle einen gröfseren Durchmesser geben, und den Inductionsdraht zur Hälfte aufserhalb, zur Hälfte innerhalb derselben anbringen. Sonst würde der inducirende Draht nur einseitig benutzt werden. Das Eisenbündel wirkt wesentlich deshalb verstärkend, weil es, gleichsam durch eine Art von Reflexion, auch die innere Seite der inducirenden Rolle nach Aufsen zur Thätigkeit bringt.

Strom-Unterbrecher.

Zum Unterbrechen des galvanischen Stroms wandte ich, wie es gewöhnlich geschieht, den sogenannten Neef'schen oder richtiger Wagner'schen Hammer an, und zwar in zwei Exemplaren.

Das eine Exemplar hat im Ganzen die gewöhnliche Einrichtung, nämlich einen herabgehenden festen Stift, gegen welchen von unten her eine federnde Zunge mit einem darauf befestigten Plättchen schlägt.

Aufserdem besitzt es den von Riefs hinzugefügten zweiten Stift unterhalb der Zunge, um auch die herabgehenden Vibrationen derselben zur Schliefsung des galvanischen Stroms verwenden, und somit diesen Strom nicht allein doppelt unterbrechen, sondern auch umkehren zu können [2]). Diese Processe lassen sich bei mir, wo die Hauptrolle zwei Drähte besitzt, mittelst einer einzigen gal-

1) Annal. 1839, Bd. 48, S. 105.
2) Annal. Bd. 91, S. 290.

vanischen Kette ausführen, wenn man die Verbindungen so herstellt, dafs der Strom abwechselnd durch den einen und durch den andern Draht in gleicher oder entgegengesetzter Richtung gehen mufs.

Den zweiten Stift habe ich häufig benutzt, um mittelst eines dicken winkelförmigen Drahts, der sich daran festschrauben und gegen die Zunge stemmen läfst, das Hypomochlion dieser zu verschieben, den vibrirenden Theil derselben zu verkürzen und somit ihren Gang zu beschleunigen.

Man mufs sich hierin aber mäfsigen. Ein zu rascher Gang der Zunge, verbunden mit einer so geringen Amplitude, dafs die Schwingungen kaum sichtbar sind, und ein wespenartiges Gesumse verursachen, sind für die Wirkungen des Inductionsdrahtes nachtheilig.

Uebrigens besitzt dieses Exemplar des Unterbrechers noch eine Vorrichtung, um neben dem ersten galvanischen Strom und unabhängig von ihm noch einen zweiten gleichzeitig in gleichem Tempo unterbrechen zu können.

Das andere Exemplar hat den Zweck, die Unterbrechungen des Stroms im Innern einer trofbaren Flüssigkeit zu bewerkstelligen.

Zu dem Ende befindet sich der kleine Elektromagnet oberhalb des Ankers der Zunge. Die Zunge trägt den Stift oder Hammer; und der Ambofs, ein dicker Platindraht, steht mitten in einem kleinen Glascylinder, welcher auf einem messingenem Fufse ruht. In diesem Fufs ist der Platindraht festgeschraubt, und um ihn herum der Glascylinder ausgegossen mit einer Lage Schwefel, welcher, weil er in der Kälte den meisten Flüssigkeiten widersteht, hiezu wohl geeignet ist [1]).

Im Uebrigen ist dieser Unterbrecher wie der gewöhnliche eingerichtet, und, wie bei dem ersten, sind die gegeneinander schlagenden Theile von Platin. Ich habe sie

1) Deshalb wende ich auch schon seit langer Zeit zum Verkitten des Platins in den Deckeln meiner Grove'schen Ketten Schwefel an.

indefs auch, zu gewissen Zwecken, von Silber und anderen Metallen anfertigen lassen.

Bei den meisten, vielleicht allen bisherigen Inductionsapparaten macht der Unterbrecher einen untrennbaren Theil des Ganzen aus, und bei einigen derselben, wie bei dem Ruhmkorff'schen wird er auch durch dasselbe Eisenbündel in Bewegung gesetzt, welches die Wirkung des inducirenden Stromes verstärkt. Ich habe es vorgezogen, nicht allein diese Bewegung, wie bei den Halske'schen Apparaten, durch einen kleinen abgesonderten Elektromagnet bewerkstelligen, sondern auch den Unterbrecher ganz als ein selbstständiges Instrument anfertigen zu lassen, um ihn so nach Belieben mit dem Uebrigen verbinden und nöthigenfalls auch unter der Luftpumpe anwenden zu können.

Der Neef'sche Hammer ist vielleicht die einfachste Vorrichtung, um automatische Unterbrechungen eines galvanischen Stroms zu erzielen; allein für gewisse Zwecke, von denen ich künftig zu reden gedenke, ist er mit der Unvollkommenheit behaftet, dafs er keine gleichmäfsigen Unterbrechungen bewirkt, in sofern nämlich die Momente, wo er den Strom aufhebt, nicht gleich sind denen, wo er ihn wirken läfst, sondern länger als sie, — aus dem Grunde, weil die Zunge, abwärts vom Stifte, mit ihrer ganzen Länge, zuwärts aber nur mit einem Theile derselben schwingt.

Der Neef'sche Hammer bildet hierin das Gegenstück zu jenem rotirenden Unterbrecher, wo ein gerader Elektromagnet horizontal zwischen den aufrechten Armen eines *U*-förmigen Stahlmagnets auf einer Spitze schwebt, und mit den Enden seiner Drahtbewicklung in zwei durch eine Scheidewand getrennte halbkreisrunde Quecksilbernäpfe taucht, die mit den Polen der galvanischen Kette verbunden sind. Hier sind die Pausen viel kürzer, als die Momente der Wirksamkeit des Stroms, weil erstere nur eintreten, wenn die Drahtspitzen über die Scheidewand hüpfen.

Dieser rotirende Unterbrecher könnte nun wohl so abgeändert werden, dafs die Pausen den wirksamen Momenten gleich würden; allein es wäre mit einer beträchtlichen

Vertbeuerung des Instruments verknüpft, und da ich zu meiner gegenwärtigen Untersuchung dieser Gleichheit nicht bedurfte, bin ich für jetzt beim Neef'schen Hammer stehen geblieben.

Condensator.

Der Condensator wurde von mir anfänglich ganz so construirt, wie er, muthmafslich nach Hrn. Fizeau's eigener Angabe, den vom Mechanikus Ruhmkorff verfertigten Apparaten beigefügt ist, nämlich aus einem langen, auf beiden Seiten mit Stanniol belegten Stücke Wachstafft, gefaltet zu hin- und hergehenden Lagen, damit er weniger Raum einnehme und zugleich nur die Theile einer und derselben Belegung miteinander in Berührung kommen lasse. Jede seiner Zinnflächen hält 8 par. Fufs Länge und 11 par. Zoll Breite. Bald hernach construirte ich ein zweites Exemplar, etwa ein Viertel so grofs wie das erste, nämlich von 23 par. Zoll Länge und 11 par. Zoll Breite, und trennte dabei die gefalteten Lagen durch dazwischen geschobene Papptafeln, um so zu verhüten, dafs die Belege sich rückseits selber berühren, was nothwendig einen nachtheiligen Einflufs haben mufs.

Späterhin wurde ich bekannt mit der Vereinfachung, welche Hr. Mechanikus Halske angebracht hat, indem derselbe die voluminöse Vorrichtung der Ruhmkorff'schen Apparate durch ein einziges belegtes Glimmerblatt von nicht mehr als Octavformat Gröfse ersetzt. Ich habe Gelegenheit gehabt, einen von Prof. Riefs selbst verfertigten Condensator dieser Art und dieser Gröfse zu prüfen, und mich dadurch überzeugt, dafs derselbe unter den Umständen, unter welchen die Prüfung geschah, den grofsen Wachstafft-Condensatoren aufserordentlich an Wirksamkeit nahe kommt.

Diese, in Betreff der Dimensionen, so bedeutende Ueberlegenheit des Glimmer-Condensators hat offenbar darin ihren Grund, dafs die condensirenden Flächen auf der Rückseite ganz frei die Luft berühren und zugleich einander

näher stehen, als auf der grofsen Tafftwand, die nicht allein etwas dicker ist als das angewandte Glimmerblatt, sondern auch durch Krümmungen und Falten, die nur fortzuschaffen wären, wenn man ihn in einem Rahmen ausspannte, ein enges Anschliefsen der Stanniolblätter verhindert.

Der Glimmer ist ein vortreffliches Material zu dergleichen Condensatoren; allein er ist nicht überall in Tafeln von der erforderlichen Gröfse zu haben. Ich bin dadurch veranlafst worden, mich nach Substanzen umzusehen, die ihn zu ersetzen vermöchten. Dergleichen Ersatzmittel sind, wie ich gefunden: Postpapier, bestrichen auf beiden Seiten mit alkoholischer Schellacklösung oder Bernsteinfirnifs; eben so dünnes Wachspapier von weifsem Wachs, wie man es in den Apotheken bekommt, und dann mit Lackfirnifs überzogen. Wenn man nicht gerade Rigidität verlangt, die diese Präparate nur in geringem Grade besitzen, so ersetzen sie den Glimmer vollkommen.

Ich habe mir mehre solcher Papier-Condensatoren verfertigt, theils von 54, theils von 30 par. Quadratzoll belegter Oberfläche, habe sie einzeln, und, durch Stanniolstreifen verbunden, paarweis geprüft, und gefunden, dafs zwei zusammen nicht mehr leisten als ein einziger, und dafs selbst einer der kleineren Art ziemlich eben so wirksam ist als der grofse von Wachstafft.

Um zu sehen, wie weit man die Verkleinerung dieser Condensatoren, unbeschadet ihrer Wirksamksit, wohl treiben könne, wurden noch einige verfertigt, von 16, 9, 4 und 1 Quadratzoll belegter Fläche auf jeder Seite, theils von gefirnifstem Wachspapier, theils von Guttapercha, theils auch von Wachstafft, auf welchen sich bei dieser Gröfse die Stanniolblätter durch Schellackfirnifs leicht und fest ankleben lassen.

Zu meiner Ueberraschung fand ich alle diese kleinen Condensatoren, selbst die kleinsten nicht ausgenommen, *was Schlagweite der Inductions-Funken* betrifft, eben so wirksam wie die beiden grofsen aus Wachstafft, wenig-

stens waren die Unterschiede sehr unerheblich und unregelmäfsig, so dafs sie ohne Zwang den Veränderungen zugeschrieben werden konnten, welche die gegeneinander hämmernden Theile des Unterbrechers durch die an ihnen entstehenden Funken erleiden.

Nur darin waren die grofsen den kleinen überlegen, dafs sie compactere, massigere Funken hervorriefen als diese, mit ihnen auch die Funken schneller auf einander folgten, wenn man den Abstand der Pole der Gränze näherte, bei welcher die Funken einzeln erscheinen, oder überhaupt noch zum Vorschein kommen.

Schon dieser wegen sind also die grofsen Condensatoren nicht überflüssig; allein sie sind es auch nicht aus anderen Gründen.

Fürs Erste wurden alle die angeführten Resultate mit dem Strom von einem oder von zwei zur Batterie vereinigten Grove'schen Elementen erhalten, und die Vergleichung beider Fälle schien anzudeuten, dafs sich bei Anwendung eines intensiveren galvanischen Stroms, dem ich aber absichtlich meine Inductionsrollen nicht aussetzen wollte, das Verhältnifs der Wirksamkeit der Condensatoren wohl ändern würde.

Zweitens wird bei dem Inductionsapparat die Wirkung der Condensatoren wesentlich bedingt durch den sogenannten *Extrastrom*, d. h. den Inductionsstrom, der in der eigenen Bahn des galvanischen Stroms bei dessen Unterbrechungen entsteht.

Alles was vorhin gesagt ist, gilt nur für den Fall, dafs dieser *innere* Inductionsstrom relativ schwach ist, also für den Fall, wo der Hauptstrom einen verhältnifsmäfsig kurzen und dicken Draht durchläuft. Verstärkt man den ersteren Strom, indem man den letzteren durch einen langen und dünnen Draht leitet, — ohne übrigens an der Quelle der galvanischen Elektricität oder an dem Eisendrahtbündel etwas zu ändern, so nimmt auch die Wirkung aller kleinen Condensatoren bedeutend ab, je nach ihrer

Kleinheit, fast bis zur völligen Nullität; während die grofsen ihre Kraft ungeschwächt behalten.

Ich habe mich davon überzeugt, indem ich die Drähte der Hauptrolle, statt nebeneinander, wie bei den vorhin genannten Versuchen, hintereinander verknüpfte, also statt des Drahts von doppeltem Querschnitt und einfacher Länge, einen von einfachem Querschnitt und doppelter Länge anwandte, — und noch mehr, — als ich diesen Draht, der nun 1 Mllm. dick und 200 par. Fufs lang war, ersetzte durch den von $\frac{2}{3}$ Mllm. Durchmesser und 400 par. Fufs Länge, ohne sonst an den Apparat etwas zu ändern. In beiden Fällen, wo also der *galvanische Strom* eine relativ *geringe*, der innere *Inductionsstrom* aber eine relativ *grofse* Stärke besafs, war der kleine 1 □zöllige Condensator, der sich früher so wirksam erwiefs, so gut wie ohne Wirkung.

Drittens hängt die Wirkung der Condensatoren auch wesentlich ab von der *Inductionsrolle*, auf welche sie ihren Einflufs auszuüben bestimmt sind. Alle vorhin genannten Resultate wurden mit dem sehr dünnen 10000 Fufs langen Inductionsdraht erhalten; als statt dessen der dickere nur 2400 Fufs lange Draht angewandt wurde, zeigten die kleinen Condensatoren ebenfalls keine oder nur eine sehr schwache Wirkung; ja die beiden kleinsten von ihnen schienen die Funken-Entwickelung zwischen den Polen der Inductionsrolle nicht nur nicht zu verstärken, sondern gar zu schwächen. Diefs Verhalten stellte sich in ziemlich gleichem Grade ein, es mochte der galvanische Strom einen kurzen und dicken oder einen langen und dünnen Draht durchlaufen. Die beiden grofsen Wachstafft-Condensatoren dagegen äufserten jetzt noch in beiden Fällen ihre frühere kräftige Wirkung; ja es liefs sich deutlich erkennen, dafs der achtfüfsige dem zweifüfsigen überlegen war.

Je kräftiger also die galvanische Batterie, je leitender und länger die Bahn ihres Stroms und je dicker und massiger der Inductionsdraht ist, kurz je intensiver und kräf-

tiger der innere Inductionsstrom, der Extrastrom, ist — desto gröfser mufs auch der Condensator seyn, wenn eine energische Funken-Entwickelung zwischen den Polen des Apparats erlangt werden soll[1]). Wenn der Extrastrom sehr intensiv ist, geht er durch den Condensator, um so leichter als die Flächen desselben kleiner sind; und dafs auf die Schwächung dieses Stroms der eigentliche äufsere Inductionsstrom von Einflufs ist, sieht man deutlich an den Funken am Unterbrecher; sie sind unter allen Umständen bei dem langen dünnen Inductiondraht kleiner als bei dem kurzen dicken.

Was so eben von den Funken in freier Luft gesagt ist, gilt zum Theil auch von den Licht-Erscheinungen im partiellen Vacuo. Sie erweisen sich, unter sonst gleichen Umständen, nicht so entwickelt mit den kleinen Condensatoren, wie mit den grofsen.

Doch ist hier wohl zu bemerken, dafs die verstärkende Wirkung der Condensatoren überhaupt, desto mehr zurücktritt, je intensiver der Inductionsstrom an sich und je vollkommner oder leitender das Guericke'sche Vacuum ist. Wurde in dem langen Inductionsdraht der Strom durch zwei Grove'sche Elemente angeregt und das sogenannte elektrische Ei bis auf eine par. Linie ausgepumpt, so hatte auf die Licht-Erscheinungen in diesem selbst der grofse Condensator so gut wie gar keinen Einflufs; dagegen trat dieser Einflufs sogleich hervor, so wie man etwas Luft einliefs oder den langen dünnen Inductionsdraht durch den kurzen dicken ersetzte.

Uebrigens wurden bei allen Condensatoren die Drähte, welche dieselben mit dem Neef'schen Hammer verbanden, stets diefs und jenseits der Unterbrechungsstelle, in geringer Entfernung von derselben angelegt. Man kann sie auch

1) Hinzufügen will ich noch, dafs, wie mir schien, auch die Güte der Isolation des Inductionsdrahts einen Einflufs auf die Wirkung des Condensators ausübt, so nämlich, dafs diese Wirkung um so mehr hervortritt, je mangelhafter die Isolation ist.

auch mit anderen, entfernteren Punkten der Bahn des galvanischen Stroms verknüpfen, aber ihre Wirkung ist dann schwächer.

Volta'sche Batterie.

Ueber sie habe ich nur zu bemerken, dafs ich bei den kleinen Dimensionen meiner Inductionsapparate fast niemals nöthig hatte mehr als zwei meiner Grove'schen Elemente anzuwenden, da sich dabei alle Erscheinungen, welche ich studiren wollte, hinreichend entfalteten.

Hülfsapparate.

Zu diesen gehört zunächst die kleine Vorrichtung, welche ich Auslader nennen will. Sie ist erforderlich um viele der Erscheinungen des Inductionsapparates mit Bequemlichkeit und mit Sicherheit vor elektrischen Schlägen zu beobachten. Der von mir angewandte Auslader hat im Ganzen die Einrichtung des Funken-Mikrometers, ist aber von allgemeinerem Gebrauch als dieses Instrument, indem die von Glasstäben getragenen und durch Drähte mit den Polen der Inductionsrolle zu verbindenden Platinstifte sowohl in horizontaler Lage eine horizontale, verticale und drehende Bewegung verstatten, als auch in verticaler Lage neben- oder übereinander gestellt werden können. Diese Stifte, an deren Spitzen sich dünnere Drähte, Kugeln oder Platten ansetzen lassen, dienen auch, bei verticaler Stellung, als Elektroden bei den mit dem Inductionsstrom vorzunehmenden chemischen Zersetzungen.

Der zweite Hülfsapparat ist das sogenannte elektrische Ei, dessen Einrichtung bekannt ist. Ich habe deren zwei von ungleicher Gröfse angewandt. Das grofse hält äufserlich 10,5 par. Zoll in Länge und 7 in der Quere, und es lassen sich Spitzen, Kugeln und Platten darin anbringen. Das kleine mifst in seinen Axen 4,5 und 3 par. Zoll. Für die meisten Untersuchungen reicht auch das letztere aus, welches überdiefs die grofse Bequemlichkeit darbietet, dafs

es durch ein Paar Züge einer guten Luftpumpe bis auf eine par. Linie Quecksilberdruck evacuirt ist.

Aufserdem habe ich noch einen sogenannten Extrateller angewandt, wie er manchen Luftpumpen beigegeben ist, nur abgeändert, wie es die Anstellung elektrischer Versuche im Vacuo erfordert. Auf die Messingscheibe ist nämlich eine Glasscheibe gekittet, und beide haben zwei diametrale Löcher, in welchen zwei dicke Kupferstifte luftdicht befestigt sind, dergestalt, dafs sie das Messing nicht berühren, und unterhalb und oberhalb herausragen, um in mit Klemmschrauben verbundenen Löchern an ihren Enden die nöthigen Verbindungsdrähte aufzunehmen. Diese Kupferstifte haben einen Abstand von 6 par. Zoll von einander. Mittelst dieses Tellers lassen sich viele Versuche ausführen, deren Anstellung in dem Ei nicht möglich ist, da man Apparate von mancherlei Einrichtung darin aufbauen kann und dann nur eine Glasglocke darüber zu stülpen braucht, um sie ins Vacuum zu versetzen. Die Vorrichtung hält auch luftdichter als das Ei, da sie keine Stopfbüchse enthält, die man übrigens, wenn während des Versuchs eine Bewegung nöthig seyn sollte, der Glasglocke hinzufügen kann.

II. Erscheinungen bei Anwendung des Apparats.

Die Erscheinungen, welche der Apparat darbietet, sind, was bisher entweder gar nicht oder nicht genugsam hervorgehoben worden ist, wesentlich verschieden, je nachdem die Enden oder Pole des Inductionsdrahts entweder 1) verbunden sind durch einen guten Leiter, oder 2) getrennt durch Luft oder Gas, oder 3) getrennt durch einen flüssigen oder starren Isolator. Diese Eigenthümlichkeit unterscheidet den Volta-Inductions-Apparat wesentlich von der magneto-elektrischen Maschine.

Erster Fall.

Sind die Pole der Inductionsrolle durch einen Metalldraht oder durch eine gut leitende Flüssigkeit verbunden,

so besteht der Inductionsstrom aus zwei Theilen, die abwechselnd hin- und herlaufen, entsprechend den Momenten der Schliefsung und Oeffnung des inducirenden galvanischen Stroms, in entgegengesetzter und gleicher Richtung mit diesem. In beiden Stromtheilen bewegt sich eine gleiche Elektricitätsmenge, nur wird sie in dem letzteren rascher erregt.

Diefs geht zunächst aus dem Verhalten des Galvanometers bervor. Schaltet man ein solches ein, so zeigt dasselbe, wenn der Inductionsdraht sehr dünn und lang ist, keine Ablenkung, oder, wenn er dicker und kürzer, oder der inducirende Strom stärker ist, das von mir im Jahre 1838 beschriebene Phänomen der doppelsinnigen Ablenkung [1]), welches bekanntlich auf schnell in entgegengesetzten Richtungen einander folgenden Magnetisirungen der Nadel beruht.

Bringt man mittelst Platinplatten Wasser oder verdünnte Schwefelsäure in den Strom, so wird an jeder Platte Sauerstoff und Wasserstoff entwickelt und von einer Polarisation des Platins ist, nach Aufhebung des Stroms, keine Spur zu entdecken.

Feuchtes Jodkalium-Papier mit den Polen in Berührung gesetzt, zeigt analog unter jedem derselben eine Ausscheidung von Jod, und zwar von gleicher Stärke.

Ein Elektro-Thermometer wird zum Steigen gebracht, da für dasselbe die Richtung des Stromes gleichgültig ist, aber eine thermo-elektrische Kette nimmt keine Ladung an.

Endlich hat der Condensator keinen Einflufs auf alle diese Erscheinungen.

Zweiter Fall.

Sind die Pole durch eine Luft- oder Gasstrecke, auch nur durch eine ganz kurze, unterbrochen, so äufsert sich blofs der eine der beiden Inductionsströme, derjenige, der durch das Oeffnen des galvanischen Stroms entsteht; der andere, der beim Schliefsen hervorgerufen wird, bleibt

1) Diese Ann. Bd. XLV, S. 353.

wirkungslos nach aufsen in der Rolle zurück, die nun dadurch feste Pole bekommen hat.

Diefs zeigt sich zunächst, wenn die Inductionsrolle ungeschlossen ist, d. h. ihre Pole durch eine grofse Luftstrecke getrennt sind, in den Spannungs-Erscheinungen.

Bringt man, während der Apparat in Thätigkeit ist, ein Elektrometer momentan mit einem der Pole in wirkliche Berührung, so hängt es ganz vom Zufall ab, ob sich dasselbe positiv oder negativ lade, da beide Elektricitäten an jedem Pol in jedem Augenblick mit einander wechseln. Nähert man aber das Elektrometer nur so weit, dafs Funken auf dasselbe überspringen, so erhält man aus jedem Pol stets einerlei Elektricität, diejenige, die dem Pol nach Richtung des Oeffnungsstroms zukommt.

Noch besser zeigt sich dieses, wenn einer der Pole durch einen Draht mit dem Erdboden in leitende Verbindung gesetzt ist. — Dann ladet sich das Elektrometer schon in bedeutender Entfernung (bei einem Versuche von mir in anderthalb Zoll Entfernung) von dem anderen Pol, unvermittelt durch Funken, blofs durch Ausstrahlung, constant mit der Elektricität, welche diesem Pol im eben genannten Strom entspricht.

In Uebereinstimmung mit diesen Resultaten steht es, dafs man, wenn man einem der Pole einen mit dem Erdboden verbundenen Draht bis zur Schlagweite nähert und eine Zeit lang Funken auf ihn überspringen läfst, alsdann die ganze Inductionsrolle, — nach Erlöschen des Stroms — mit derjenigen Elektricität geladen findet, welche dem anderen Pol angehört. — Es war mir diefs ein Beweis von der Güte der äufseren Isolation meiner Inductionsrollen.

Uebrigens sind die Funken, die man im ungeschlossenen Zustand der Inductionsrolle aus einem ihrer Pole ziehen kann, natürlich stärker, wenn der andere Pol zur Erde abgeleitet ist, und auch, wie es scheint, beständig stärker am negativen als am positiven Pol.

Werden die Pole der Inductionsrolle einander so weit

genähert, dafs Funken zwischen ihnen überschlagen, so kann man die Kette als geschlossen betrachten; aber diese Schliefsung ist von der durch einen guten Leiter darin wesentlich verschieden, dafs nur der Oeffnungsstrom circulirt. Die unterbrechende Luftschicht, die hier gleichsam die Stelle eines Filtrums vertritt, auf welchem der eine Strom zurückbleibt, braucht nur ganz dünn zu seyn. — Ein Stück trocknes Fliefspapier, gelegt zwischen zwei Metallplättchen, die durch Drähte mit den Polen der Inductionsrolle verbunden werden, erfüllt den Zweck der Absonderung der einen Elektricitätshälfte vollkommen, und überläfst dem Experimentator einen Strom von constanter Richtung, der, mit Ausnahme seiner Discontinuität, alle Eigenschaften eines galvanischen Stroms besitzt, und zwar eines von hoher Intensität, ähnlich dem einer sehr grofsen Anzahl sehr kleiner Plattenpaare.

Die Unterbrechung mittelst Spitzen leistet natürlich dieselben Dienste und noch bessere in mancher Beziehung, die mittelst des sogenannten elektrischen Eies, da in der verdünnten Luft desselben die Entladungen zwischen den Enden der metallischen Leitung viel sanfter geschieht, als durch das stofsweise Ueberspringen der Funken in Luft von gewöhnlicher Dichtigkeit. Je kürzer und verdünnter die Luftstrecke ist, desto weniger zeigt sich durch diese Unterbrechung der Strom geschwächt, obwohl dabei vielleicht immer ein Theil desselben in dem Draht zurückbleiben mag.

Was die *Wirkungen* des durch Luft unterbrochenen Stoms und deren Verschiedenheit von der des vollständig geschlossenen betrifft, so zeigt sie sich zunächst am Galvanometer.

Man bekommt jetzt eine Ablenkung in einem bestimmten Sinn, der von der Richtung des Stromes abhängt. Dieselbe ist *stärker* beim *dicken* Inductionsdraht als beim *dünnen*, — ist auch *steter* und *regelmäfsiger* bei Unterbrechung des Stroms durch die Entladungen im partiellen Vacuo als durch Funken in gewöhnlicher Luft.

Wenn man die Schwierigkeit erwägt, mit welcher die Ablenkung einer Magnetnadel durch Reibungs-Elektricität zu bewerkstelligen ist, so mufs die Leichtigkeit, mit der sie hier ohne alle Isolirung des Galvanometers zu Stande kommt, einigermafsen auffallend erscheinen.

Eine thermische Wirkung im Draht des unterbrochenen Stroms ist da, wie Hr. Riefs beobachtet, aber eine äufserst schwache. — Ich konnte sie mit meinem weniger empfindlichen Luftthermometer nicht wahrnehmen, obwohl dasselbe die Erwärmung in dem ganz geschlossenen Draht, besonders dem dickeren, deutlich nachweist.

Bemerkenswerth ist, das defsungeachtet eine Thermokette leicht geladen wird, ganz im Sinn wie vom galvanischen Strom, entgegengesetzt der Richtung desselben. Ich beobachtete es an einer Combination von zwei *V*-förmigen Wismuth-Antimon-Paaren. Die gewöhnlichen Thermosäulen sind wegen mangelnder Isolation hiezu nicht brauchbar.

Auch die *Funken* an der Unterbrechungsstelle üben eine thermische Wirkung aus, und offenbar eine viel stärkere als in der metallischen Bahn des Stroms stattfindet. Wenn man zu den Polen sehr dünne Platindrähte nimmt und sie einander sehr nahe bringt, so kann man beobachten, — was schon vor mir geschehen ist, — dafs die Spitze des negativen Drahts, die dann vom positiven Funkenstrom eingehüllt wird, zum Glühen kommt.

Die chemischen Zersetzungen, die Zersetzung des Wassers, Jodkaliums u. s. w. erfolgen ganz so, wie bei einem galvanischen Strom, d. h. an jedem Pol wird nur *einer* der Elektrolyte ausgeschieden. Im Wasser werden die Elektroden polarisirt, und, wenn man sie aus sehr *dünnen* Platindrähten bildet, sieht man die negative an der Spitze leuchten.

Interessant sind mehre dieser Zersetzungen, wenn man sie in der Art vornimmt, dafs die Unterbrechung des Stroms an der Flüssigkeit *selbst* geschieht.

Zu dem Ende stellt man die Drähte des Ausladers senkrecht nebeneinander, und nähert ihnen von unten her die

Flüssigkeit, wobei man es dann ganz in seiner Gewalt hat, die Funken entweder aus beiden Drähten zugleich auf die Flüssigkeit schlagen zu lassen, oder nur aus einem von ihnen, während der andere eingetaucht gehalten wird.

Im Allgemeinen zeigt sich hiebei, dafs der Funkenstrom des positiven Pols oben an der Spitze des Drahts eine gelbe oder rothgelbe Farbe besitzt, und unten auf der Oberfläche der Flüssigkeit eine blaue Scheibe bildet; — dafs umgekehrt der Funkenstrom des negativen Pols oben blau ist, und mit diesem Lichte noch einen Theil des Drahts von der Spitze ab umhüllt, während auf der Flüssigkeit ein gelblicher Schimmer ruht.

Bringt man die Flüssigkeit näher an die Drähte, etwa bis auf eine Viertel-Linie, so reducirt sich das Phänomen auf einen blauen Funken am negativen Pol, und einen gelben am positiven.

Das Phänomen ist ferner nach der Natur der Flüssigkeit etwas verschieden. Nicht-leitende, wie Terpenthinöl, zeigen es natürlich gar nicht. Bei destillirtem Wasser ist es schwach, weil die Funken klein sind und wenig Lichtstärke haben. — Ausgebildeter erscheint es bei verdünnter Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure; bei Lösungen von Kalihydrat, kohlensauren Natron u. s. w.; bei diesen alkalischen Flüssigkeiten ist der mittlere Theil des Funkenstroms schön gelb, am positiven Pol sogar goldgelb.

Am ausgezeichnetsten tritt jedoch das Phänomen bei der concentrirten Schwefelsäure auf; keine andere der von mir untersuchten Flüssigkeiten zeigt die blaue Scheibe auf ihrer Oberfläche unter dem positiven Pol so grofs und deutlich und schön gefärbt wie diese.

Noch schöner entwickelt erhält man die erwähnten Erscheinungen, wenn man sie in einer mäfsig (etwa bis 8 Zoll Quecksilberdruck) verdünnten Luft hervorruft.

Von einer chemischen Zersetzung ist in allen diesen Fällen, wo beide Pole Funken auf die Flüssigkeit senden, nichts zu sehen.

Läfst man aber nur den einen Draht Funken ausströmen



und hält den anderen eingetaucht, so wird an diesen sogleich eine Zersetzung durch Gasentwicklung sichtbar, und es ist dabei ganz gleichgültig, welcher der Pole der eingetauchte und welcher der funkengebende ist. Diese merkwürdige Zersetzung an einer einzigen eigentlichen Elektrode ist zwar nur schwach, aber ich habe sie doch bei den verdünnten Säuren deutlich beobachtet; noch deutlicher ist sie bei der concentrirten Schwefelsäure.

Anders verhält es sich mit der Jodkalium-Lösung; diese wird schon zersetzt, wenn auch aus beiden Polen Funken auf sie herabschlagen, also ganz ohne eigentliche Elektroden, — ob durch Bildung von Salpetersäure oder Ozon, mag dahin gestellt bleiben.

Befeuchtet man mit dieser Lösung ein Stück Fliefspapier, setzt es mit dem negativen Pol in Berührung und nähert es dem positiven hinreichend, so erscheint unter letzterem sogleich ein brauner Fleck, und der positive Funkenstrom selbst nimmt eine bräunliche Farbe an, nicht die violette des Joddampfs. Unter dem negativen Pol tritt keine Färbung auf. Berührt dagegen das Papier den positiven Pol und empfängt Funken vom negativen, so wird es unter beiden gebräunt, unter letzterem aber viel schwächer.

Aehnliches beobachtet man, wenn der negative Pol zur Erde abgeleitet, und blofs dem positiven ein Stück feuchtes Jodkaliumpapier gegenüber gehalten wird. — Papier und Funken färben sich bräunlich.

Läfst man von beiden Polen Funken auf das Papier schlagen, so zeigt sich in der Regel unter beiden eine Bräunung, doch unter dem negativen stets eine schwächere als unter dem positiven. Sind die feuchten Papierstellen, welche von den Funken getroffen werden, durch eine trockne von geringer Breite getrennt, so springen auch an dieser Funken über.

Auch ein mit salpetersaurem Silberoxyd, Gold- oder Platinchlorid getränktes Papier färbt sich unter dem positiven Funkenstrom braun. Beim Gold- und Platinchlorid nehmen die Funken selbst eine braune Farbe an. Unter

ihnen beginnt das Papier zu rauchen, bald wird es trocken, und nun brennt ein Loch ein, das am Rande zunderartig glimmend sich rasch vergröfsert. Dabei erheben sich braune Fasern vom Papier, die sich an den Draht setzen, und einen förmlichen Bart um denselben bilden.

Unter dem negativen Funkenstrom zeigen sich diese Erscheinungen nicht; aber es entsteht unter ihm ein dunkler Fleck, der offenbar reducirtes Metall ist.

So viel von den Wirkungen des durch Luft unterbrochenen Inductionsstroms.

Was den *Grund* betrifft, dafs hiebei nur derjenige Strom zur Thätigkeit gelangt, welcher durch das Oeffnen der galvanischen Kette entsteht, der andere, beim Schliefsen erzeugte, dagegen keine Wirkung äufsert und nicht die erforderliche Spannung besitzt, um eine auch noch so dünne Luftschicht zu durchbrechen, — so liegt er einfach darin, dafs eben durch das Schliefsen der Kette ein geschlossener leitender Kreis gebildet wird, der, wie alle metallischen Continua, welche die Inductionsrolle innerhalb oder aufserhalb umgeben, die Entwicklung oder den Verlauf des darin inducirten Stroms verzögert.

Gutleitende Flüssigkeiten, wie die der galvanischen Kette, unterscheiden sich in dieser Beziehung von den Metallen nicht. Davon kann man sich, wenn die Hauptrolle zwei Drähte besitzt, leicht überzeugen. Leitet man nämlich den galvanischen Strom nur durch den einen dieser Drähte, und verbindet den anderen mit einem Paar Metallplatten, so hört die Funkenwirkung der Inductionsrolle augenblicklich auf, sowie man diese Platten in verdünnte Schwefelsäure taucht [1]).

1) Aus demselben Grunde scheiterte auch ein anfangs von mir gemachter Versuch, durch stete Umkehrung der Magnetisirung des Eisenbündels im Apparat einen starken Inductionsstrom hervorzurufen. Diese Umkehrung ist *ohne Unterbrechung* leicht zu bewerkstelligen. Dazu ist nur erforderlich, dafs man den einen Draht der Hauptrolle *fortdauernd* mit *einer* galvanischen Kette in Verbindung halte, den anderen aber in umgekehrter Richtung mit einer Batterie aus zwei solchen Ketten verknüpfe, die durch den Neef'schen Hammer beständig unterbrochen

Beim Oeffnen der Kette, unter den gewöhnlichen Umständen, wird eben durch das Zerreifsen der geschlossenen Strombahn dieses Hemmnifs beseitigt, und es steht der vollen Entwicklung des durch diesen Act in der Inductionsrolle erregten Stroms nichts weiter im Wege als eine Art von Aufstauung der Elektricität an den Enden der zerrissenen Bahn des galvanischen Stroms und eine ähnliche Aufstauung an den Enden des Inductionsdrahts, beide hervorgebracht durch den Widerstand, welchen die Luft dem Uebergange der Elektricität entgegensetzt.

Die erstere Aufstauung ist nun durch Fizeau's glückliche Idee der Anwendung eines Condensators fortgeschafft, indem dadurch den angehäuften Elektricitäten, ohne Bildung einer geschlossenen Bahn, ein rascher Abflufs aus dem inducirenden Draht verstattet wird.

Durch den Condensator wird indefs die in dem Inductionsdraht erregte Elektricitätsmenge nicht vermehrt. Das zeigt sich zunächst, wenn man diesen Draht metallisch schliefst und ein Magnetometer einschaltet. Die Ablenkungen, die man dann am letzteren Instrumente durch einzelne Schliefsungen und Oeffnungen des inducirenden Stroms erhält, sind nicht nur unter einander gleich, sondern auch mit dem Condensator nicht gröfser als ohne denselben [1]).

wird. — Aber diese Combination lieferte nicht das beabsichtigte Resultat, weil dabei immer eine durch eine gutleitende Flüssigkeit geschlossene Strombahn innerhalb der Inductionsrolle vorhanden war.

1) Dafs man aus dieser Gleichheit auf die Gleichheit der erregten Elektricitätsmengen schliefst, rechtfertigt sich bekanntlich durch folgende Betrachtung. Geht durch einen Querschnitt eines Drahts einmal die Elektricitätsmenge *eins* in der Zeit *eins*, so dafs man die Stromstärke *eins* und die Ablenkung *eins* bekommt, und geht ein anderes Mal die Elektricitätsmenge *eins* in der Zeit *zehn* hindurch, so wird die Stromstärke *ein Zehntel*, und folglich die Ablenkung in der Zeiteinheit auch ein Zehntel, aber in der ganzen Zeit $= 10 \cdot \frac{1}{10}$ also wiederum $= 1$, vorausgesetzt natürlich, was hiebei vorausgesetzt wird, die ganze Durchgangszeit sey so klein gegen die Schwingungszeit des Magnetstabes, dafs die einzelnen Impulse denselben in ziemlich gleichen Lagen, wenig entfernt von seiner Ruhelage, treffen.

Aber die Elektricitätserregung im Inductionsdraht beim Oeffnen des inducirenden Stroms wird durch den Condensator beschleunigt und dadurch die Spannung der entwickelten Elektricität erhöht. Darum wirkt ein Pol der ungeschlossenen Inductionsrolle aus viel gröfserer Entfernung auf das Elektrometer, wenn ein Condensator angewandt wird, als wenn nicht. Deshalb geschieht es auch, dafs, wenn die Enden oder Pole des Inductionsdraht durch eine mäfsige Luftschicht getrennt sind, die Funken bei Anwendung des Condensators reichlicher überspringen, ja noch bei Abständen der Pole in Menge erscheinen, wo ohne den Condensator nicht ein einziger zum Vorschein gekommen wäre.

Derjenige Theil der Elektricitäten also, der sich in dem durch Luft unterbrochenen Inductionsdraht an den Polen ausgleicht oder zur Circulation kommt, wird wirklich durch den Condensator vergröfsert.

Das geht auch aus der galvanometrischen Ablenkung hervor, die unter diesen Umständen gesteigert wird, während sie, wie eben erwähnt, in dem metallisch geschlossenen

Anders verhält es sich mit den beim Oeffnen und Schliefsen entwickelten Wärmemengen; diese können, weil sie nicht, wie die Ablenkungen, den Stromstärken direct, sondern deren Quadraten proportional gehen, bei Gleichheit der erregten Elektricitätsmengen nur dann gleich seyn, wenn auch die Zeit der Erregung gleich ist. Geht nämlich durch den Querschnitt einmal die Elektricitätsmenge *eins* in der Zeit *eins*, so dafs man die Stromstärke *eins* und die Wärmemenge *eins* bekommt, und geht ein anders Mal die Elektricitätsmenge *eins* in der Zeit *zehn* hindurch, so ist die Stromstärke *ein Zehntel*, folglich die in der Zeiteinheit erregte Wärme $= \frac{1}{100}$ und die in der ganzen Durchgangszeit $= 10 \cdot \frac{1}{100} = \frac{1}{10}$, also zehn Mal geringer, oder umgekehrt proportional den Durchgangszeiten.

Hat man also durch das Magnetometer die Gleichheit der erregten Elektricitätsmengen nachgewiesen, so wird man durch das Elektro-Thermometer das Verhältnifs der Erregungszeiten bestimmen können. Statt des letzteren Instruments könnte auch das Elektro-Dynamometer dienen, welches schon W. Weber zu dergleichen Zeitbestimmungen benutzt hat (Ann. Bd. 73, S. 215). Selbst ein Galvanometer mit einer Nadel aus weichem Eisen würde über das Mehr oder Weniger der Erregungszeiten einigen Aufschlufs geben.

Draht durch ihn keine Veränderung erleidet. Das beweist ferner die Wasserzersetzung des durch Luft unterbrochenen Inductionsstroms, die gleichfalls durch den Condensator verstärkt wird.

Was so eben von den Spannungen, Funken, Ablenkungen und Zersetzungen gesagt ist, gilt auch von den physiologischen Wirkungen, von den Erschütterungen, die man bekommt, wenn man Theile seines Körpers in den Kreis bringt. Auch sie werden durch den Condensator verstärkt. Es ist nicht allein der *äufsere*, eigentliche Inductionsstrom, der somit intensiver wirkt, sondern auch der *innere*, der sogenannte Extrastrom.

Ich habe mich davon auf mehrfache Weise überzeugt. Die sanfteste unter diesen besteht darin, dafs man in blofses Brunnenwasser zwei Platinplatten stellt und sie entweder mit den Polen der Inductionsrolle oder mit dem Neef'schen Hammer diefs- und jenseits der Unterbrechungsstelle verknüpft. Taucht man nun zwischen den Platten einen Finger in das Wasser, so kann man ganz schmerzlos beobachten, was der Zusatz des Condensators bewirkt. Die Wirkung steigt mit dem, was Faraday Quantität des Stroms nennt. Bei dem dünnen Inductionsdraht ist sie überhaupt äufserst schwach, stärker bei dem dicken Inductionsdraht, und am fühlbarsten bei dem noch dickeren Draht des Extrastroms.

Diese Versuche lassen mich glauben, dafs für die meisten, wenn nicht gar für alle medicinischen Anwendungen, die jetzt so häufig von dem Apparat gemacht werden, die Inductionsrolle vollkommen überflüssig ist, da man dem Extrastrom immer leicht eine solche Stärke geben kann, dafs kein Individuum ihn zu ertragen im Stande seyn möchte.

Ueberhaupt wirkt der Condensator nur dann verstärkend, wenn zwischen den Polen des Inductionsdrahts ein Widerstand zu überwinden ist. Je mehr dieser Widerstand verringert wird, desto mehr nimmt auch die Verstärkung ab. Deshalb äufsert sich die Wirkung des Condensators

viel kräftiger bei den Funken in freier Luft als bei den Lichterscheinungen im sogenannten elektrischen Ei. Je mehr man dieses auspumpt, desto mehr tritt die Wirkung des Condensators zurück, und sie verschwindet ganz (wie bei der metallischen Schliefsung), wenn man die Verdünnung bis zu einer Linie Quecksilberdruck und weniger treibt, vorausgesetzt nur, dafs der Inductionsstrom an sich eine hinlängliche Intensität habe. Aus gleichem Grunde giebt eine aus kurzem Draht gebildete Inductionsrolle zwar viel schwächere Funken in freier Luft als eine aus langem Draht, zeigt aber dennoch die Licht-Erscheinungen im gut ausgepumpten Ei wenig schwächer ausgebildet als letztere. Ich beobachtete diefs an dem nur 1200 Fufs langen Inductionsdraht.

Hr. Fizeau scheint die Wirkung des Condensators nicht vollständig aufgefafst zu haben. So unter Anderem betrachtet er, um die Wirkungen des Instruments zu erklären, nur eine einmalige Unterbrechung des inducirenden Stroms, folglich auch nur eine einmalige Ladung des Condensators, und er sagt nicht, was ferner geschieht. Offenbar mufs aber der Condensator, wenn er seinen Dienst anhaltend verrichten soll, vor jeder Unterbrechung des Stroms wieder entladen werden; und das geschieht auch wirklich bei jeder der Schliefsungen, die mit den Unterbrechungen abwechseln.

Beide Acte sind von Funken begleitet, und somit bietet der Neef'sche Hammer, bei Anwendung eines Condensators, immer eine doppelte Reihe von Funken dar, die das Auge, wegen ihrer schnellen Folge, zwar nicht von einander *sondern*, wohl aber an ihrem Charakter *unterscheiden* kann.

Der Unterbrechungsfunke wird durch den Condensator immer geschwächt, und der Grad der Schwächung dürfte wohl als ein Maafsstab seiner Wirkung zu betrachten seyn [1]); —

[1]) Verringert werden übrigens auch die Funken am Hammer stets und sehr bedeutend, wenn man den Inductionsdraht metallisch schliefst. Selbst bei Unterbrechung desselben durch eine so kurze Luftstrecke, dafs die

aber der durch ihn veranlafste Entladungsfunke steht in einem umgekehrten Verhältnifs.

So kommt es denn, dafs das *Lichtphänomen* beim Neef'schen Hammer durch die Hinzufügung des Condensators, je nach Umständen, scheinbar *nicht verändert wird*, oder sich zu *vergröfsern* oder zu *verringern* scheint.

Als ich z. B. bei Anwendung des Doppeldrahts der Hauptrolle, eines Eisenbündels und einer Batterie aus zwei Grove'schen Elementen, den 8füfsigen Condensator einschaltete, nahm das Lichtphänomen am Hammer ab; mit dem 2füfsigen dagegen vergröfsert es sich, ohne dafs in beiden Fällen eine sonderliche Verschiedenheit an den Funken der Inductionsrolle wahrzunehmen gewesen wäre.

Bei Anwendung *eines* Grove'schen Elementes, bei welcher die Funkenerscheinung am Hammer überhaupt schwach ist und durch den Condensator noch mehr geschwächt wird, ist von den Entladungsfunken kaum etwas zu sehen, aber man *hört* sie, durch ein unregelmäfsiges, etwas sonores Schlagen, welches von dem regelmäfsigen Klappern des Hammers sehr wohl zu unterscheiden ist.

Bei Anwendung eines stärkeren galvanischen Stroms sind sie dagegen leicht durch das Auge zu erkennen; sie sind massiger als die Unterbrechungsfunken, verbreiten ein sehr helles Licht, sprühen umher, und nehmen bei Condensatoren von geringen Dimensionen förmlich die Gestalt einer kleinen Flamme an, die unter dem Hammer hervorbricht.

Es ist diefs Folge ihrer grofsen Intensität, die sich auch dadurch äufsert, dafs sie den Platinstift des Hammers, auch wenn er reichlich 1 Mllm. dick ist, an seinem Ende schmelzen, und mit dem Ambofs verlöthen, so dafs ein Stillstand des Instruments erfolgt, wenn der kleine Elektromagnet nicht Kraft genug hat, die Löthung zu zerreifsen. Letzteres ist bei mir regelmäfsig der Fall, wenn ich den

Inductionsfunken eine continuirliche Linie bilden, übt er noch eine Schwächung aus.



Strom eines einzelnen Grove'schen Elements durch den 400 Fuſs langen Draht von $\frac{2}{3}$ Mllm. Dicke leite.

Dieses Anschmelzen wird, wie Hr. Rieſs gefunden, verhindert, wenn man zur Verbindung des Condensators mit dem Hammer einen dünnen, langen Neusilberdraht, also einen Körper von groſsem Widerstand anwendet. Indeſs werden dadurch die Entladungsfunken nur geschwächt; — man beobachtet sie noch, bei Anwendung des Stroms einer Batterie aus zwei Grove'schen Ketten, selbst, wenn mittelst des Rheochords 120 bis 150 Zoll eines Neusilberdrahts von 0,45 Mllm. Dicke zwischen Condensator und Hammer eingeschaltet sind, es mag dabei der Batteriestrom die Drähte der Hauptrolle neben- oder *hintereinander* durchlaufen.

Bei so groſser Länge des Neusilberdrahts findet auch eine Schwächung der Wirkung des Condensators auf den Inductionsstroms statt, wie man dieſs am besten aus den Licht-Erscheinungen im elektrischen Ei ersieht. Dieſs macht sich am bemerklichsten, wenn die Drähte der Hauptrolle *nebeneinander* verknüpft sind; hat man sie *hintereinander* gereiht, so ist selbst mit den 150 Zoll Neusilberdraht noch keine Abnahme der Wirkung zu spüren. — Indeſs ist im letzteren Fall, wo die Unterbrechung am Hammer kaum wahrnehmbar ist, das Lichtphänomen im Ei, *ohne Condensator*, von etwas anderem Charakter als im ersten, compacter, und schon mehr demjenigen ähnlich, welcher der Zusatz des Condensators hervorruft.

Sowohl die Unterbrechungs- als die Entladungsfunken greifen den Hammer stark an, und zerstäuben die gegeneinander schlagenden Platintheile desselben zu einem schwarzen Pulver. Merkwürdig und mit den Vorgängen in dem reinen Volta'schen Strom noch nicht in gehörige Uebereinstimmung gebracht, ist die Erscheinung, daſs hier, wo ein Inductionsstrom (der Extrastrom) mitwirkt, die Hitze hauptsächlich am negativen Pol auftritt und dadurch eine Art von Ueberführung des Platins von diesem Pol zum positiven bewirkt. Ist der *Platinstift* des Hammers mit

dem *negativen* Pol der Kette, d. h. dem *Zink* derselben verbunden, die *Zunge* mit dem *positiven* oder dem *Platin*, so nutzt blofs der erstere ab, und auf der Platte der Zunge bildet sich eine Erhöhung von angeschmolzenem Platin, so dafs mit der Zeit der *Stift* förmlich zu der *Zunge* überwanderte.

Ich wählte immer die eben genannte Verbindungsweise, weil es viel leichter ist den Stift zu ersetzen und die Erhöhung abzufeilen, als die Löcher fortzuschaffen, welche im umgekehrten Fall in die Platte eingebrannt werden.

Schon Fizeau bemerkt, dafs man den Condensator einigermafsen ersetzen könne durch einen Draht von gehörigem Widerstand, der die vibrirenden Theile des Hammers verbindet. Ich habe diefs Ersatzmittel geprüft, aber gefunden, dafs es doch nur ein unvollkommenes ist, wohl deshalb, weil dabei die Kette immer geschlossen bleibt.

Ich bin dadurch auf die Construction des vorhin erwähnten Hammers geführt worden, bei welchem die Unterbrechungen des Stroms innerhalb einer Flüssigkeit geschehen.

Um die Wirkungen dieses Instrumentes kennen zu lernen, wurden successive Flüssigkeiten von sehr verschiedener Leitungsfähigkeit angewandt: Verdünnte *Schwefelsäure*, *Brunnenwasser*, *destillirtes Wasser*, 80 gradiger *Alkohol* und *Terpenthinöl*.

Mit der *Schwefelsäure* hatte das Instrument gar keinen verstärkenden Einflufs auf den Inductionsstrom, offenbar wegen ihrer grofsen Leitungsfähigkeit, die sich auch dadurch äufserte, dafs, selbst bei Anwendung einer einzelnen Grove'schen Kette, eine reichliche Wasserzersetzung stattfand, wobei der Wasserstoff, übereinstimmend mit der Richtung des galvanischen Stroms, an dem mit dem Zink verbundenen Stift entwickelt wurde.

Mit dem *Terpenthinöl* wirkte es ebenfalls nicht, offenbar aus dem umgekehrten Grunde des gänzlichen Mangels an Leitungsfähigkeit.

Der *Weingeist*, das *Brunnenwasser* und besonders das *de-*

destillirte Wasser dagegen gaben eine starke Wirkung, obwohl dieselbe der des grofsen Condensators doch nicht gleich kam. Interessant war es zu sehen, wie ein einziger Tropfen *destillirtes Wasser*, zwischen die vibrirenden Theile des Unterbrechers gebracht, sogleich einen lebhaften Funkenstrom zwischen den Spitzen des Ausladers hervorbrachte, bei Abständen, wo ohne denselben nicht ein einziger Funke erschienen wäre.

Wasser, Weingeist und Terpenthinöl erleiden übrigens zwischen dem Unterbrecher ebenfalls eine Zersetzung. Bei dem Wasser ist diese Zersetzung eine elektrolytische, bei dem Terpenthinöl eine elektro-thermische, wie ich sie in einer i. J. 1847 veröffentlichten Abhandlung genannt habe[1]), hervorgebracht durch die Hitze der Unterbrechungsfunken, und bei dem Weingeist endlich eine Mischung beider.

Die Ueberlegenheit des Condensators vor den genannten Flüssigkeiten geht am augenfälligsten daraus hervor, dafs er selbst unter denselben seinen Einflufs nicht verläugnet. Verbindet man ihn mit dem Unterbrecher, während sich Wasser, Weingeist oder Terpenthinöl in demselben befindet, so tritt sogleich zwischen den Polen des Inductionsdraht eine starke Funkenwirkung auf, anscheinend eben so stark, wie wenn der Unterbrecher in Luft arbeitete.

Interessant ist diese Verbindung noch darum, weil man dabei Gelegenheit hat, die Entladungsfunken recht deutlich zu beobachten. Sie sind hier sehr stark und glänzend, sprühen und zischen, besonders im Alkohol und Terpenthinöl, zerstäuben auch das Platin zu einem schwarzen Pulver, so dafs die Flüssigkeit in wenig Augenblicken wie Dinte aussieht. Letzteres erfolgt zwar auch ohne Condensator, aber viel schwächer und langsamer.

Dritter Fall.

Unterbrechung des Inductionsstroms durch Isolatoren.

Wenn man in den Funkenstrom, der zwischen den Polen des Apparat übergeht, eine Glasplatte einschiebt, so

1) Ann. Bd. 71, S. 226.

wird derselbe der Hauptsache nach so gut wie vollständig unterbrochen, — vorausgesetzt, dafs die Pole aus mehr oder weniger zugespitzten Drähten bestehen.

Anders verhält sich die Sache, wenn die Pole in Platten auslaufen. Legt man z. B. eine quadratische Kupferplatte, die mit dem einen Pol verbunden ist, auf den Tisch, bedeckt sie mit einer Glasplatte, und legt auf diese eine zweite, kleinere, runde Kupferplatte, die mit dem andern Pol in Verbindung steht, so hört man, wenn der Apparat in Thätigkeit gesetzt wird, ein fortdauerndes lautes Knistern; und wenn man den Versuch im Dunklen anstellt, sieht man die kleine runde Scheibe umgeben von einer Aureole von elektrischem Licht, bestehend aus einer Unzahl kleiner Funken, die in unaufhörlicher Bewegung begriffen sind.

Je kleiner die runde Platte genommen wird, desto breiter ist die Aureole. An der unteren grofsen Platte, die bei mir 3 Zoll in Seite hielt, gewahrt man dagegen keine Lichtausstrahlung, obwohl sie von der Glasplatte um mehr als einen halben Zoll auf jeder Seite überragt wird. Gleichgültig ist es, mit welchem der Pole man die eine oder die andere Platte verbunden hat; — immer ist es die kleinere von beiden, welche von ihren Rändern die Aureole aussendet.

Verschiebt man diese letztere auf der Glasscheibe, so dafs sie nur mit einem Theile senkrecht über der unteren Metallplatte bleibt, so ist auch nur dieser Theil mit dem Funkenkranz umgeben.

Sind beide Metallplatten von gleicher Gröfse und liegen sie genau übereinander, so kommt keine Aureole zum Vorschein. — Blickt man aber von der Seite her, so erkennt man an dem Leuchten der Stellen, wo das Metall zufällig nicht genau anschliefst, dafs von beiden Platten unzählige Fünkchen senkrecht zum Glase überspringen.

Statt *einer* Glasplatte kann man mehrere zwischen die Metalle einschieben. Ich nahm deren *fünf*, die zusammen einen halben par. Zoll in Dicke hielten, und immer noch zeigte die obere runde Kupferplatte ihren Funkenkranz.

Freilich war nun dieser Kranz nicht mehr so intensiv wie bei einer einzigen Glasplatte; aber andererseits war mit den fünf Platten offenbar noch lange nicht die Gränze erreicht, bei welcher er vollständig verschwunden seyn würde. Ich glaubte indefs mit der Vermehrung der Glasplatten um so füglicher innehalten zu können, als der Abstand von einem halben par. Zoll schon bedeutend gröfser war als derjenige, bei welchen die Metallplatten für sich in der Luft, ohne Einschiebung von Glas, Funken auf einander ausgesandt haben würden.

Der Einflufs des Glases in Fortpflanzung der Wirkung der Inductions-Elektricität war also deutlich erwiesen. Nachstehende Versuche werden fernere Belege dazu liefern.

Ich liefs die obere runde Kupferplatte von einem isolirenden Ständer halten und gab ihr auf diese Weise einen Abstand von 7 Mllm. von der unteren auf dem Tisch liegenden Platte.

Es sprangen dann und wann einzelne breite, kurze Funken zwischen beiden über, und zwar, da die obere Platte ohne künstliche Vorrichtung der unteren nicht genau parallel gestellt werden konnte, von ihrem nächsten Rande aus. Jetzt wurde eine 4 Mllm. dicke Glasscheibe auf das untere Metall gelegt. Sogleich schofs ein förmlicher Regen kleiner Funken von der oberen Platte auf das Glas herab.

Diese Veränderung in der Beschaffenheit der Funken entsprang nicht etwa daraus, dafs jetzt die Schlagweite nur 3 Mllm. betrug; denn als nun das untere System umgekehrt, d. h. die Glasscheibe auf den Tisch gelegt und mit der Kupferplatte bedeckt wurde, erschienen zwischen dieser und der oberen Platte die Funken wieder in der früheren Gestalt, obwohl natürlich häufiger und kleiner als bei der anfänglichen Schlagweite von 7 Mllm.

Die erwähnte Veränderung ist also eine Wirkung des Glases und diese zeigt sich auch, wenn das Glas die Metalle gar nicht berührt, sondern zwischen denselben frei in der Luft gehalten wird. Es springen dann von beiden

Metallplatten Fünkchen gegen das Glas, bei Abständen, wo ohne dasselbe keine erschienen wären.

Statt des Glases können, mit gleichem Erfolge, auch andere Isolatoren genommen werden, Platten von Marmor, Kautschuck oder Guttapercha, breite Säulen von Flüssigkeiten, wie destillirtes Wasser, Alkohol oder Terpenthinöl, die zwischen Glasplatten eingeschlossen sind. In allen diesen Fällen nimmt die isolirende Substanz, wie sich bei Prüfung mit einem Elektrometer zeigt, keine oder nur eine schwache und unbestimmte Ladung bleibend an.

Es wurde nun die kleine runde Kupferplatte vertauscht gegen einen zugespitzten Kupferdraht, der, wie sie, mit dem einen Pol der Inductionsrolle verbunden ward.

In einiger Entfernung über der gröfseren Platte gehalten, zeigte sich die Spitze dieses Drahts im Finstern leuchtend, desto schwächer natürlich, je gröfser die Entfernung. Bei den von mir zu allen diesen Versuchen ins Spiel gesetzten Kräften, nämlich der Anwendung zweier Grove's und des kürzeren meiner Inductionsdrähte, war das Leuchten in einem Abstand von 2 par. Zoll so schwach, dafs man es kaum noch zu erkennen vermochte.

Hält man nun den Draht in diesem Gränz-Abstand und legt auf die Platte das vorhin erwähnte Glasscheiben-System von $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke, so wird das Leuchten der Spitze sogleich wieder deutlich wahrnehmbar. Es nimmt zu, so wie man die Spitze herunterschiebt, und wenn sie dem Glase bis auf einige Linien nahe gekommen ist, geht ein ununterbrochener Strom schwach leuchtender Funken auf dasselbe herab.

Nähert man die Spitze noch mehr, etwa bis zur Viertel-Linie, so werden die Funken nicht nur heller, sondern zerstieben auch auf dem Glase nach allen Richtungen, dabei eine fein geäderte Figur bildend, ähnlich der Lichtenberg'schen von positiver Elektricität.

Es liefs sich in der Gestalt dieser Figur kein Unterschied beobachten, die Spitze mochte positiv oder negativ seyn. Nur schien bei Positivität der Spitze die Figur eine

gröfsere Ausdehnung zu besitzen. Sie ist übrigens, wie natürlich, schöner und ausgebildeter, wenn man die Kupferplatte, statt mit *fünf*, nur mit *einer* und zwar dünnen Glasscheibe bedeckt.

Auch mag noch hinzugesetzt seyn, dafs selbst, wenn beide Pole der Inductionsrolle in Spitzen auslaufen, die Wirkung durch eine eingeschobene Glasplatte nicht ganz unterbrochen wird, sondern dafs die Spitzen im Dunklen leuchtend erscheinen und phosphorische Funken aussenden. In einer mäfsig (etwa bis 6 oder 8 Zoll Quecksilberdruck) verdünnten Luft erscheint auf beiden Seiten der Platte die geäderte Figur sehr ausgebildet, die Strahlen mehr als Zoll grofs. Bei stärkerer Verdünnung tritt die gewöhnliche Erscheinung auf, indem die positive Flamme sich um das Glas herumbiegt und einen schönen Lichtbogen bildet.

Interessant und lehrreich sind diese Erscheinungen, wenn man sie in ihrer Rückwirkung auf den Inductionsstrom untersucht.

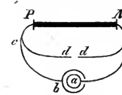
Werden zwei auf der einen Seite mit Stanniol belegte Glastafeln (etwa von Quadratfufs-Gröfse) mit den unbelegten Seiten aneinander gebracht und die Belege hierauf mit den Polen der Inductionsrolle in Verbindung gesetzt, so hört man, so lange der Apparat in Thätigkeit ist, ein unaufhörliches Knacken, und im Dunklen sieht man den ganzen Zwischenraum der Tafeln, so weit er den Belegen entspricht, erfüllt von einer Unzahl mikroskopischer Funken. Ein zwischen die Tafeln eingeschobenes Jodkaliumpapier wird gebräunt und zwar auf beiden Seiten gleich stark.

Entzieht man das System dem Apparat, noch während derselbe in Thätigkeit ist, und prüft es alsdann durch einen die Belege verbindenden Draht auf eine etwaige Ladung, so findet man zwar bisweilen eine solche, doch immer eine sehr schwache, in der Regel aber gar keine. Und diefs ist in gleichem Grade der Fall, es mögen die Pole die Belege wirklich berührt haben, oder noch durch eine kleine Luftstrecke von ihnen getrennt gewesen seyn, so dafs sie Funken auf dieselben aussandten.

Ganz ebenso verhält sich eine Leidner Flasche; auch sie erhält in beiden Fällen entweder keine oder eine äufserst geringe Ladung, wie lange man sie auch dem Strome ausgesetzt haben mag. Selbst wenn man nur von dem einen Pol Funken auf ihren Knopf überspringen läfst, während ihr äufserer Beleg und der andere Pol zur Erde abgeleitet sind, nimmt sie so gut wie keine Ladung hat.

Wenn man aber, noch während der Apparat in Thätigkeit ist und seine Pole die Flasche berühren oder Funken auf sie aussenden, einen Draht mit der einen Belegung verbindet und der anderen hinreichend nähert, so erhält man breite geräuschvolle Funken, die an Glanz und Kräftigkeit die dünnen Inductionsfunken bedeutend übertreffen, obwohl sie ihnen an Schlagweite nachstehen. Diese Verschiedenheit der Funken ergiebt sich am augenscheinlichsten, wenn man die Pole den Belegen nur bis zur Schlagweite genähert hat; man erhält dann drei Funkenströme, von denen zwei die Flasche laden und einer sie wieder entladet. Ladungen und Entladungen erfolgen hier offenbar nur scheinbar gleichzeitig, in Wahrheit wechseln sie in sehr kleinen für das Auge unmefsbaren Zeiträumen mit einander ab [1]).

Man kann dem Versuch eine auffallendere Form geben, wenn man den Entladungsdraht nicht unmittelbar an die Belege der Flasche setzt, sondern an irgend welche Punkte der Drähte, die die Flasche mit den Polen verbinden. Seyen



in nebenstehender Figur P und N die Pole der Inductionsrolle PN, ferner a und b die Belege der Flasche, Pb und Na die dieselben mit den Polen verbindenden Drähte; so kann man die Nebenleitung von irgend welchen

1) Diese Beobachtung namentlich wurde von mir der Akademie in der Sitzung vom 7ten December mitgetheilt, nachdem ich sie schon mehre Wochen früher einigen meiner Freunde gezeigt hatte. Seitdem ist die Erscheinung auch von Hrn. **Grove** im Januarheft des *Philosoph. Magazine* beschrieben worden. Während des Druckes dieser Abhandlung habe ich auch erfahren, dafs sie einigen Personen in Berlin schon im verwichenen Sommer bekannt war. *P.*

Punkten *cc* dieser letzteren Drähte, sogar von den Polen *P, N* selbst, ausgehen lassen, und man erhält an der Unterbrechungsstelle *dd* die intensiven Entladungsfunken. Natürlich aber sind diese Funken desto schwächer, je länger die Wege *acd* und *bcd*, oder richtiger je mehr Widerstand sie darbieten. Schaltet man hier Drähte ein, die dem Inductionsdraht an Länge oder Widerstand gleich sind, so ist auch aller Unterschied zwischen den Entladungs- und Inductionsfunken verschwunden. *Caeteris paribus* sind übrigens die Entladungsfunken desto stärker, je kräftiger die Batterie und je kleiner die geladenen Flächen, wie sich diefs nach den früheren Versuchen von Riefs mit den durch die Elektrisirmaschine geladenen Flaschen schon voraussehen liefs.

Anfänglich neigte der Verf. zu der Ansicht, den Grund, weshalb der Inductionsstrom die Leidner Flasche nicht bleibend ladet, selbst wenn er nur durch Funken vermittelt auf sie einwirkt, darin zu suchen, dafs vermöge einer vertheilenden Wirkung durch das Glas hin eine Entladung stattfinde; die Erscheinungen bei den einseitig belegten Glastafeln schienen ihm dieser Ansicht günstig zu seyn. Allein er hat sich späterhin überzeugt, dafs dieselbe nicht haltbar ist, die Erscheinung vielmehr darin ihren Grund hat, dafs unter allen Umständen, auch wenn keine Nebenleitung da ist, die Flasche durch den Inductionsdraht selbst wieder entladen wird.

Die Beweise dafür liegen in der Thatsache, dafs der Strom des Inductionsdrahts, selbst wenn die Pole desselben die Belege der Flasche nicht berühren, sondern durch Luft von ihnen getrennt Funken auf sie aussenden, immer ein hin- und hergehender ist; — und zwar ist es in diesem Falle allein der Oeffnungsstrom, welcher hin- und hergeht.

Schaltet man nämlich hinter der Leidner Flasche oder den belegten Glastafeln noch ein Galvanometer in die Kette, so erhält man keine Ablenkung, während diese sonst nie fehlt, wenn der Inductionsstrom von einer von Funken durchsprungenen Luftschicht unterbrochen ist [1]).

1) Wenn statt der belegten Glastafeln ein Wachstafft-Condensator in den Inductionsstrom eingeschaltet wird, hört man auch ein fortdauerndes

Noch augenfälliger und schöner zeigt diefs das wohlausgepumpte elektrische Ei. So lange es allein in der Kette ist, erblickt man immer nur die eine, mit dem negativen Pol verbundene Kugel von dem bekannten schön blauen Lichte umhüllt; sowie man aber hinter demselben noch die Leidner Flasche oder die belegten Glastafeln in die Kette bringt, erscheinen beide Kugeln blau, — und wenn das Vacuum nur mäfsig ist, sieht man auf jeder dieser blauen Lichthüllen sich noch die positive Flamme erheben, — natürlich nicht weil jetzt entgegengesetzt gerichtete Ströme gleichzeitig durch den luftverdünnten Raum gingen, sondern weil sie in so schneller Folge mit einander abwechseln, dafs das Auge den Wechsel nicht mehr erkennen kann [1]).

Isolirende Flüssigkeiten, wie Terpenthinöl, zwischen Platinplatten in die Kette eingeschaltet, wirken ganz ebenso wie die Leidner Flasche.

Lehrreich sind die Versuche mit dem Ei besonders, wenn eine Nebenleitung angebracht ist. In die Hauptbahn *Pc* oder *Nc* (der Figur S. 326) oder in den Zweig *cc* bei *dd* eingeschaltet, erweist sich nur die eine Kugel blau. Bringt man es aber in *ca* oder *cb* an, so erscheinen beide Kugeln mit der schön blauen Lichthülle.

Es verdient hiebei wohl bemerkt zu werden, dafs auf die Licht-Erscheinung im Zweige *cc* die Flasche *ab* keinen Einflufs hat, sobald das Ei wohl ausgepumpt ist und der Inductionsstrom an sich eine hinlängliche Intensität besitzt. Läfst

Knacken, aber zugleich erhält man an einem eingeschalteten Galvanometer eine starke Ablenkung. Das Knacken in diesem Fall entspringt also von einem wirklichen Durchgang der Elektricität, von durchschlagenden Funken. Erst als ich einen Condensator anwandte, dessen Belege durch eine doppelte Lage von auf beiden Seiten stark mit Bernsteinfirnifs bestrichenem Papier getrennt waren, erhielt ich die Erscheinungen der Glastafeln.

1) Dieselbe optische Täuschung erhält man, wie schon Riefs gezeigt (Ann. Bd. 91, S. 290), wenn man mittelst des S. 297 erwähnten Stifts den galvanischen Strom abwechselnd in umgekehrter Richtung durch den inducirenden Draht leitet.

man aber etwas Luft hinein, oder schwächt die Intensität des Stroms, indem man vom längeren zum kürzeren Inductionsdraht übergeht oder den Condensator auslöst, so bewirkt die Einschaltung der Flasche bei *ab* eine Verstärkung der Lichterscheinung bei *dd*, doch in viel geringerem Grade als bei den Funken in freier Luft.

Gemischte Fälle.

Unter gemischten Fällen verstehe ich diejenigen, wo zwischen den Polen des Inductionsdrahts eine verzweigte Bahn vorhanden ist, von deren Zweigen jeder irgend einen der drei vorhin genannten Fälle darbietet. Die Combination des zweiten und dritten Falls, wo also der eine Zweig von Luft unterbrochen ist und der andere einen Isolator enthält, wurde schon in dem Obigen betrachtet. Die Combination des ersten und dritten Falls schien mir kein Interesse darzubieten; es bleibt also, wenigstens bei zwei Zweigen, nur noch die Combination des ersten und zweiten Falls zu behandeln übrig.

Wenn *cc* (Figur S. 326) ein ununterbrochener Metalldraht ist und bei *ab* statt der Flasche das wohlausgepumpte Ei eingeschaltet wird, so erscheint in diesem kein Licht, so lange der Draht einen geringen Widerstand darbietet. Vergröfsert man aber den Widerstand, indem man den Draht entweder länger oder dünner nimmt, so theilt sich der Strom zwischen beiden Leitungen, und das Ei wird leuchtend. Offenbar geschieht die Theilung hier im Allgemeinen nach denselben Gesetzen, welche für den galvanischen Strom gelten, und wenn man die Widerstände der beiden Zweige und der Hauptbahn, sowie die elektromotorische Kraft der Induction kennte, würde man ohne Zweifel die Intensität des Inductionsstroms in den Zweigen durch eine ähnliche oder dieselbe Formel ausdrücken können, welche beim Galvanismus gebraucht wird. Die Erscheinungen werden nur dadurch complicirter, dafs der Inductionsapparat zwei abwechselnde Ströme von entgegengesetz-

ten Richtungen liefert, von denen der eine nicht durch das Ei zu gehen vermag.

Durch die Hauptbahn *Pc* oder *Nc* gehen abwechselnd beide Ströme in gleicher Stärke, durch *cabc* nur der Oeffnungsstrom und durch *cc* wiederum beide Ströme aber in ungleicher Stärke, nämlich der Oeffnungsstrom, von dem schon ein Theil abgeleitet worden, in geringerem Grade als der Schliefsungsstrom. Demgemäfs erhält man bei Einschaltung eines Galvanometers in *Pc* oder *Nc* keine Ablenkung (oder eine doppelsinnige, wenn der Strom intensiv genug ist), in *ob* oder *ca* die dem Oeffnungsstrom entsprechende Ablenkung und in *cc* die *entgegengesetzte*, welche dem Schliefsungsstrom angehört.

Sehr deutlich waren diese Erscheinungen zu beobachten, wenn der eine der 10000füfsigen Drähte zur Erregung des Inductionsstroms, und der andere zur Leitung *cc* benutzt wurde. Sie stellten sich indefs auch noch ein, freilich mit bedeutender Schwächung des Lichts im Ei, wenn *cc* aus dem nur 1200 Fufs langen Draht von 0,25 Mllm. Dicke bestand.

Anderweitige Erscheinungen.

Wenn man mehr als einen Inductionsapparat besitzt, so ist man im Stande noch verschiedene lehrreiche Erscheinungen zu studiren, von denen ich hier einige anführen will.

So zunächst kann man den Inductionsstrom in einem der Apparate erregen, und durch die Drahtrollen der anderen leiten, um den Einflufs der Vermehrung des Widerstandes auf die Funken- und Licht-Erscheinungen zu beobachten.

Ich leitete zu diesem Zweck den Strom des kürzeren meiner Inductionsdrähte durch die 20000 Fufs der beiden anderen Rollen. Die Funken waren nun kleiner und lichtschwächer, aber in der *Schlagweite* zeigte sich keine oder keine erhebliche Abnahme. Die zusätzliche Einschaltung von zwölf durch Platinbügel verbundene Becher voll Wasser änderte an diesem Resultate nichts.

Es stimmt diefs vollkommen überein mit ähnlichen früher von Riefs studirten Erscheinungen der Reibungs-Elektricität. Defsungeachtet möchte ich zweifeln, ob — wenigstens bei meinem Versuche — die Spannung längs der ganzen langen und wohl isolirten Drahtleitung überall dieselbe gewesen sey. Denn als ich das eine Ende dieser Leitung von der thätigen Inductionsrolle abtrennte und durch einen Draht nahe an den anderen Pol, mit dem sie noch verbunden blieb, heranführte, erschienen zwischen beiden kleine Funken, als der freie Pol zur Erde abgeleitet wurde.

Man kann ferner die Apparate miteinander verbinden, neben- oder hintereinander, um so den Einflufs der Dicke und Länge des Drahts zu studiren.

Ich habe hiebei Gelegenheit gehabt, eine Angabe von Masson zu prüfen. Dieser Physiker giebt an, dafs wenn zwei Inductions-Apparate nebeneinander aber im umgekehrten Sinne mit dem elektrischen Ei verbunden werden, an jeder Kugel desselben gleichzeitig beide elektrische Lichter auftreten, das blaue Glimmlicht und die positive Flamme [1]). Er zieht daraus den wunderlichen Schlufs, dafs die verdünnte Luft die Eigenschaft besitze, gleichzeitig zwei elektrische Ströme in entgegengesetzter Richtung leiten zu können.

Ich habe ein anderes, viel natürlicheres Resultat erhalten, nämlich: dafs unter den genannten Umständen gar kein Licht erscheint. — Wie ich glaube ist Masson zu seinem Resultate dadurch gelangt, dafs er zwei vollständige Apparate gegen einander wirken liefs, und dafs, was wohl mehr als wahrscheinlich ist, die Hämmer beider nicht genau im isochronen und synchronen Tempo arbeiteten. Dann mufste das von ihm beobachtete Phänomen ganz natürlich zum Vorschein kommen. — Bei mir konnte ein solcher Vorgang nicht stattfinden, da die inducirenden Drähte

1) *Compt. rend.* *T.* 36, *p.* 256 und *T.* 37, *p.* 849.

beider Rollen hintereinander *eine* Leitung bildeten, die durch einen einzigen Hammer unterbrochen wurde.

Die Combination mehrer Apparate, die sich auf verschiedene Weise bewerkstelligen läfst (durch Neben- oder Hintereinander-Stellung sowohl der Haupt- als der Inductionsrollen), bietet einige merkwürdige Erscheinungen dar, die noch näher untersucht zu werden verdienen, zumal sie auch Fingerzeige für die Construction dieser Apparate enthalten. Ich will hier schliefslich nur eine derselben betrachten.

Verbindet man zwei Apparate *A* und *B* solchergestalt, dafs der galvanische Strom die Hauptrollen beider *hintereinander* durchläuft, die Inductionsrollen aber getrennt bleiben, läfst dann die von *A* Funken geben, während die von *B* ungeschlossen und auch ohne Eisenbündel ist, so findet man, dafs die Einschiebung eines Eisenbündels in *B* die Funken von *A schwächt*, die metallische Schliefsung von *B* aber dieselben wieder auf ihre frühere *Stärke zurückführt*.

Es folgt daraus, dafs zwei vollständige Apparate, hintereinander verbunden, eine Störung aufeinander ausüben, und nicht die Summe der Wirkungen geben, welche jeder von ihnen für sich bei derselben Stärke des galvanischen Stroms geben würde.

Wenn man ferner den eben genannten Versuch dahin abändert, dafs man den galvanischen Strom die Hauptrollen beider Apparate *A* und *B nebeneinander* durchlaufen läfst, so ergiebt sich, dafs die Einschiebung eines Eisenbündels in *B* die Wirkung von *A verstärkt* und die metallische Schliefsung von *B* diese Verstärkung wieder *aufhebt*.

Will man also mehre Inductionsrollen *hintereinander* zu einer einzigen Rolle verknüpfen, ist es gewifs vortheilhaft die Hauptrollen dieser Apparate *nebeneinander* vom galvanischen Strom durchlaufen zu lassen.

Was die Ursache dieser Erscheinungen betrifft, so kann wohl nicht zweifelhaft seyn, dafs sie in der Wirkung des

Extrastroms oder inneren Inductionsstroms liegt. Der beim Oeffnen der Volta'schen Kette durch das Verschwinden des inducirenden Stroms und das Entmagnetisiren des Eisenbündels entstehende äufsere Inductionsstrom, mit dem allein wir es bei der Funkenwirkung u. s. w. zu thun haben, hat gleiche Richtung wie der inducirende galvanische Strom, aber der in der Bahn des letzteren zugleich erregte Extrastrom ruft im Inductionsdraht einen Strom von entgegengesetzter Richtung hervor, der den ersteren Inductionsstrom schwächt. Diese Schwächung ist nun um so gröfser, je stärker der Extrastrom, und dieser wird vornehmlich durch das Eisenbündel verstärkt.

Sind demnach die Hauptrollen zweier Apparate *A* und *B* *hintereinander* verknüpft, so ist klar, dafs die Einschiebung eines Eisenbündels in die von *B*, den Extrastrom in der von *A* verstärken, und damit die Schwächung des äufseren Inductionsstroms dieses Apparats vergröfsern mufs.

Bei Verknüpfung der Apparate *nebeneinander*, wirkt innerhalb des hiedurch gebildeten geschlossenen Kreises der durch das Eisenbündel in *B* hervorgerufene Extrastrom dem von *A* entgegen, kann ihn also, bei Gleichheit beider, völlig aufheben und damit mufs dann der äufsere Inductionsstrom von *A* nothwendig an Stärke zunehmen. Aufserhalb des durch diese Verknüpfung gebildeten Kreises aber, in der zur Volta'schen Kette führenden Drahtleitung, wirken natürlich beide Extraströme in gleicher Richtung und verstärken einander also, weshalb denn auch die Funken am Unterbrecher sehr lebhaft sind.

Durch die metallische Schliefsung von *B* wird nur die Wirkung des Eisenbündels daselbst aufgehoben. Metallhüllen wirken ähnlich, doch können sie unter Umständen auch entgegengesetzt wirken.

XII. *Bemerkung zur Abhandlung des Hrn. Sartorius von Waltershausen; von J. Ch. Heusser.*

In den »Mittheilungen der Zürcher naturforschenden Gesellschaft« vorigen Jahres theilte ich mit, daſs ich im Dolomit des Binnenthales ein graues Schwefelmetall gefunden habe, das, verschieden von dem regulären Dufrenoysit des Hrn. Damour, entweder dem 2- und 2-gliedrigen, oder dem 2- und 1-gliedrigen System angehöre; welchem von beiden sollte erst eine Messung entscheiden [1]). — Nachher erhielt ich neues Material, daſs mir theils sehr deutliche reguläre Krystalle, theils solche, die entschieden dem 2- und 2-gliedrigen System angehören, zeigten; meine letzten Beobachtungen und Messungen sind aber noch nicht veröffentlicht. — Nun finde ich im Januarheft dieser Annalen (S. 115) eine Abhandlung von Hrn. Sartorius v. Waltershausen, in der ebenfalls ein reguläres und ein 2- und 2-gliedriges Schwefelmetall jenes Dolomits unterschieden sind, und es schlägt Hr. Sartorius für jenes den Namen Skleroklas, für dieses den Namen Arsenomelan vor. Ich sehe nicht ein, warum man dem regulären Mineral den von Hrn. Damour demselben beigelegten Namen Dufrenoysit entziehen soll; und was das 2- und 2-gliedrige betrifft, so ist der passendste Name für dasselbe gewiſs Binnit, ein Name, der in der Schweiz auch

1) Der in den »*Mittheilungen*« abgedruckte Aufsatz: *die Mineralien des Binnen- und Saasthales*, welcher die eben angeführte Notiz enthält, lief ziemlich gleichzeitig mit der Abhandlung des Hrn. Sartorius v. Waltershausen bei mir ein, und es war nur ein Versäumniſs meinerseits, daſs bei Aufnahme dieser Abhandlung nicht auch sogleich jener Notiz gedacht wurde. Späterhin ist mir auch von Hrn. Dr. Heuſser eine Berichtigung zugesandt, in der er ausspricht, was von ihm in jenem Aufsatz aus Versehen unterlassen worden, daſs Hr. Wiser in Zürich den Chloritoïd aus dem Saasthal zuerst als solchen erkannt und auch die Verschiedenheit des dortigen Zirkon-ähnlichen Fossils vom eigentlichen Zirkon auseinandergesetzt habe. *P.*

bisher statt Dufrenoysit allgemein gebraucht wurde (— man wufste noch Nichts von zwei verschiedenen Schwefelmetallen, sondern glaubte damit den Dufrenoysit des Hrn. Damour zu bezeichnen —) und der ganz passend an den bisher einzigen Fundort erinnert. — Diese beiden Namen Dufrenoysit und Binnit hat übrigens auch schon Hr. Kranz in seinem letzten Catalog gebraucht, dem also auch schon Unterschiede beider Mineralien bekannt gewesen seyn müssen.

In Beziehung auf die chemische Zusammensetzung kommt Hr. Sartorius auf merkwürdige Resultate. In Zürich ist gegenwärtig Hr. Stockar-Escher ebenfalls mit Analysen dieser beiden Mineralien beschäftigt, und ich warte den Erfolg derselben ab, um gemeinschaftlich die in Zürich angestellten chemischen und krystallographischen Untersumitzutheilen.

XIII. *Resultate der Ozonometer-Beobachtungen in Bern vom December* 1853 *bis Ende November* 1854.

Die mittlere Summe der zwei täglichen Beobachtungen am Schönbein'schen Ozonometer [1]) ergab im

Monat		Jahreszeit			
December	9,3				
Januar	10,8	Winter	11,1		
Februar	13,2				
März	10,2				
April	8,4	Frühling	10,1		
Mai	11,8				
Juni	11,3			Jahr	9,2
Juli	6,5	Sommer	8,0		
August	6,5				
September	5,1				
October	7,0	Herbst	7,5		
November	10,3				

1) Vergleiche die entsprechenden Beobachtungen des vorhergehenden Jahres in Bd. 91 der Annalen, S. 314. Die täglichen Beobachtungen siehe in den Mittheil. der naturf. Ges. in Bern.

so dafs die mittlere Reaction nur wenig stärker als im vorhergehenden Jahre war, — die im Winter, Sommer und Herbst bedeutend stärker, die im Frühling bedeutend schwächer. In Beziehung auf den Zusammenhang der Ozonometionen mit der Witterung und den Winden, erhielt ich im

	Schöne Tage.	Tage ohne Niederschläge.	Tage mit Niederschläge.	S	SW	W	NW	N	NO	O	SO
Winter	10,10	10,25	12,45	10,2	13,2	14,0	14,0	11,3	11,4	8,9	9,3
Frühling	9,40	9,28	11,50	11,5	13,0	13,2	9,0	9,6	10,6	8,5	8,0
Sommer	5,10	6,60	9,50	5,3	10,5	12,0	8,9	9,8	6,2	4,5	5,7
Herbst	5,00	6,00	8,20	5,2	8,8	11,9	—	11,6	7,8	6,5	3,7
Mittel	7,40	8,03	10,41	8,0	11,4	12,8	10,6	10,6	9,0	7,1	6,7

Die von Karlinski in Krakau erhaltenen Bestimmungen [1]) sind fast durchgängig etwas gröfser als die meinigen, aber der Gang ist nicht sehr verschieden: Er hat das Maximum im März statt im Februar, das Minimum dagegen mit mir im September.

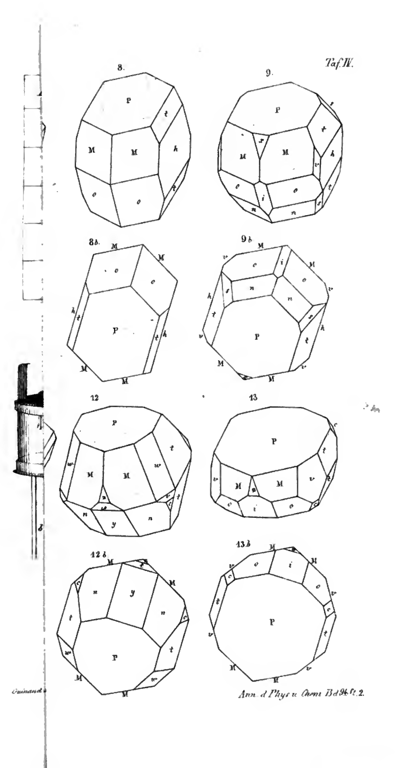
Prof. Dr. R. Wolf.

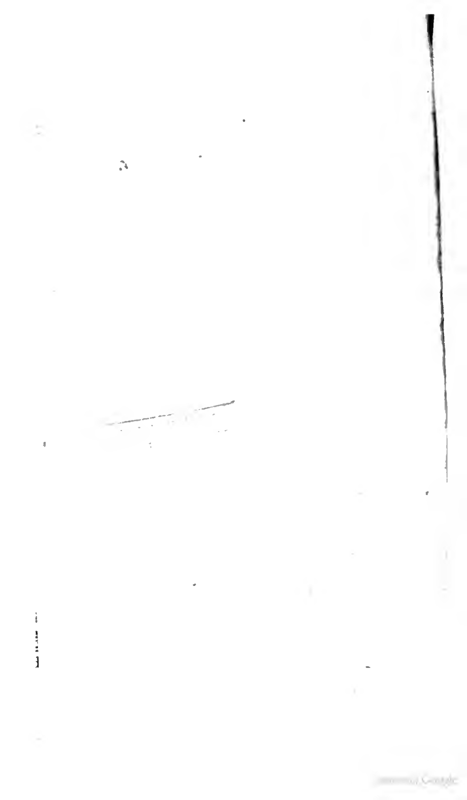
XIV *Zusatz zum Klinochlor-Aufsatz.*

Wenn man annimmt, dafs beim Klinochlor eine der optischen Axen winkelrecht ist auf der Klinodiagonal-Polkante der Hemipyramide $-\frac{2}{3}P$, so findet man den Winkel dieser Axe gegen die Spaltungsfläche $= 58^\circ\ 50'$ (nach Blake's directer Beobachtung wäre er $58^\circ\ 13'$); wird ebenso die andere optische Axe als winkelrecht zur Klinodiagonal-Polkante der Hemipyramide $+\frac{8}{4}P$ vorausgesetzt, so findet man den Winkel dieser Axe mit der Spaltungsfläche $= 26^\circ\ 37'$ (nach Blake $27^\circ\ 40'$). Nach beiden Voraussetzungen machen die optischen Axen unter sich den Winkel $= 85^\circ\ 27'$, nur $26'$ kleiner als $85^\circ\ 53'$, wie ihn Blake direct gefunden. (Kokscharow).

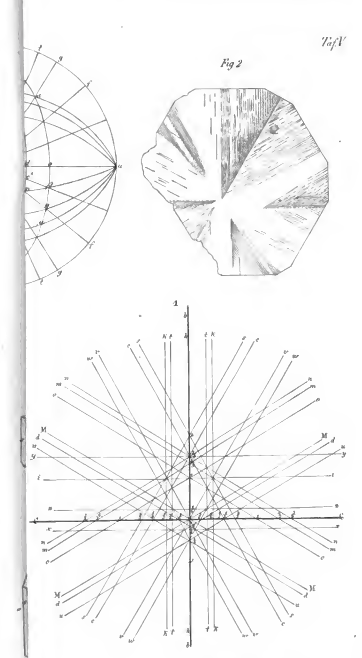
1) Vergl. Ann. Bd. 93, S 628.

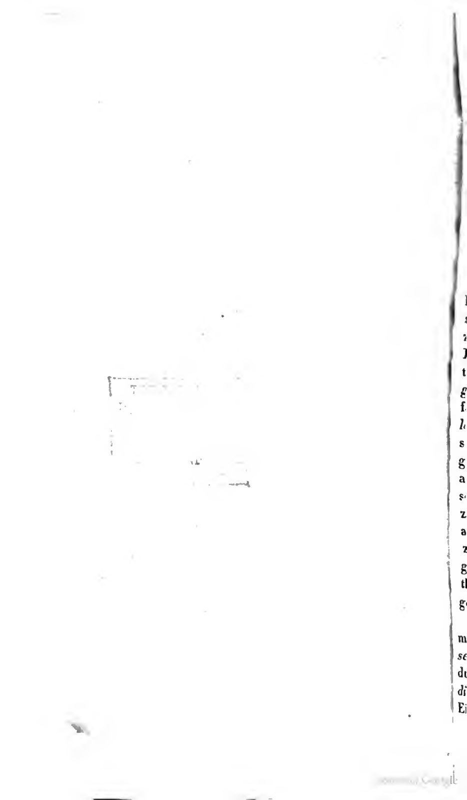
Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.


Taf. IV.
8.
9.
8b.
9b
12
13
12b
13b
Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 94. St. 2.



Taf. V





1855. ANNALEN №. 3.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XCIV.

I. *Ueber die Diathermanität einiger Gasarten und gefärbten Flüssigkeiten; von R. Franz.*

Melloni's Untersuchungen über die strahlende Wärme haben gezeigt, dafs die Farbe und Durchsichtigkeit der Körper mit der Diathermanität derselben in keinem Zusammenhange steht, undurchsichtige Körper zeigten sich z. B. bisweilen diathermaner, als vollkommen durchsichtige. Die Untersuchungen Melloni's, und der durch das Interesse, das jene hervorriefen, zu ähnlichen Versuchen angeregten Physiker beschränkten sich gröfstentheils auf feste farbige Körper, während von Flüssigkeiten nur die farblosen untersucht wurden, oder nur ihrem Wesen nach verschiedene farbige, bei denen die Farbe selbst nicht als eigentlicher Grund der Verschiedenheit ihrer Diathermanität angesehen werden kann. Es schien daher von Interesse, sowohl farbige Lösungen in einer bestimmten Flüssigkeit, z. B. in destillirtem Wasser, einer näheren Untersuchung auf die Menge der Wärmestrahlen, der sie, im Vergleich zu der von klarem Wasser hindurchgelassenen, den Durchgang gestatten, als auch die farbigen Gase auf ihre Diathermanität zu untersuchen. Beide Aufgaben sind zum Gegenstand der vorliegenden Arbeit gemacht worden.

Die Lösungen zeigen eine grofse Uebereinstimmung mit den festen Körpern, durch deren Auflösung in Wasser sie entstanden sind. Auch unter ihnen finden sich sehr dunkle, fast vollkommen undurchsichtige, welche sich als diathermaner darstellen, wie fast ganz farblose Lösungen. Ein Zusammenhang zwischen der Diathermanität und Dia-

phanie scheint aber meistentheils in sofern stattzufinden, als die diathermanen Lösungen gewöhnlich gerade dem rothen Theile und zum Theil dem dunklen Theile des Spectrums den Durchgang gewähren, während die adiathermanen gerade diese Strahlen auslöschen, und nur Wellen von kürzerer Länge hindurchlassen.

Zu den folgenden Versuchen wurde eine thermoelektrische Säule, aus 32 Wismuth-Antimon Elementen bestehend, angewendet, die quadratische bestrahlte Fläche der Löthstellen hatte eine Seitenlänge von 16,5^{mm}. Diese Säule stand mit einem Spiegelgalvanometer [1]) in Verbindung, dessen Ablenkungen mit Hülfe eines Fernrohrs an einer von dem Spiegel 2^{m} entfernten Scala abgelesen wurden. Als Wärmequelle diente eine Argand'sche Lampe, welche mit einem parabolischen Spiegel versehen war, in dessen Brennpunkt die Flamme der Lampe sich befand. Zwischen die Lampe und die thermoelektrische Säule wurden die verschiedenen Substanzen, deren Diathermanität uutersucht werden sollte, in Röhren oder Flaschen eingeschaltet. Ein Schirm, welcher zwischen die Wärmequelle, und die angefüllte Röhre oder Flasche gestellt war, wurde beim Versuch selbst mit dem ersten Schlage eines Sekundenpendels entfernt; nach 50 bis 60 Sekunden nahm der magnetische Spiegel eine feste Stellung ein. Diese wurde beim sechzigsten Pendelschlage notirt, der Schirm wieder an die oben bezeichnete Stelle gebracht, und nach neuen 60 Sekunden wieder die Stellung des Spiegels abgelesen. Aus den beiden Stellungen des Spiegels beim Beginn des Versuchs und bei Beendigung desselben wurde das Mittel genommen, damit ein durch irgend welche äufsere Ursache möglicherweise entstandener Fehler eliminirt werde. Bei ungeänderter Aufstellung der Apparate folgten für gewöhnlich 5 bis 8 Beobachtungen, je aus 3 Ablesungen bestehend, auf einander, die selten um mehr als 2 bis 3 Einheiten der angewandten Scala von einander differirten.

Zur Aufnahme der Gasarten dienten, innen mit einem

1) Pogg. Ann. Bd. 89, S. 504.

matten schwarzen Ueberzug versehene, Glasröhren von 27 bis 29^{mm} innerem Durchmesser und 452^{mm} und 900^{mm} Länge. Dieselben waren an dem einen Ende seitlich durchbohrt, und eine Messingfassung mit Hahn gestattete, sie mit einer Luftpumpe in Verbindung zu setzen. Glasplatten von 1,9^{mm} Dicke schlossen von beiden Seiten die Röhren. Nachdem das zu untersuchende Gas durch die Luftpumpe aus einem Gasometer von Glas in die leer gepumpte Röhre geströmt war, wurde dieselbe noch einmal ausgepumpt und nach einer zweiten Füllung der Versuch erst angestellt, damit das Gas so rein wie möglich der Untersuchung ausgesetzt werde. Die Füllung der Röhre mit Chlor geschah auf andere Weise. Die Röhre wurde auf der einen Seite mit einer Glasscheibe geschlossen, und ein langes engeres Rohr mit dem Gasometer, das mit Chlor gefüllt war, in Verbindung gesetzt; dieses Rohr reichte beim Oeffnen des Gasometerhahns bis ans Ende der Röhre. Sobald dieselbe vollkommen mit Chlor gefüllt zu seyn schien, wurde sie langsam bei fortdauerndem Einströmen des Gases entfernt, und dann geschlossen. Die salpetrige Säure trat auf ähnliche Weise aus der Entwickelungsflasche in die Röhre, wurde aber vorher durch ein Glasrohr, das in kaltem Wasser lag, geleitet, damit die in dem Gase enthaltenen Wasserdämpfe condensirt wurden. Die Füllung der Röhre mit Bromdämpfen wurde dadurch bewirkt, dafs ein kleines Uhrglas, mit flüssigem Brom angefüllt, in die Röhre gestellt wurde, und zwar an dem Ende, das der Wärmequelle zunächst lag. In kurzer Zeit war die Röhre dann so mit Bromdämpfen angefüllt, dafs sie fast undurchsichtig war. Die grofse Menge von Bromdämpfen, welche sich an die Wände der Röhre anlegte, verbot gleich nach der Untersuchung des Brom die Diathermanität der atmosphärischen Luft in derselben Röhre zu untersuchen; es wurden daher die Versuche mit Luft vor der Füllung mit Brom angestellt, und bei den folgenden Versuchen, welche die Menge der durch das Brom strahlenden Wärme ergaben, stets diejenigen als maafsgebend

betrachtet, welche die geringste Menge von durchstrahlender Wärme angaben. Die ersten Ablesungen zeigten eine gröfsere Ablenkung des Galvanometerspiegels, als die späteren, weil die Einwirkung der Wärmequelle auf das flüssige Brom im Uhrglase nach und nach eine gröfsere Dampfentwickelung bewirkte. Nach einiger Zeit wurden die Ablenkungen stets constant.

Bei den Vergleichen der Diathermanität der verschiedenen Gase, ist die Menge der durch die mit verdünnter Luft (5^{mm} Druck) gefüllte Röhre strahlenden Wärme gleich 100 gesetzt worden, wiewohl nicht ein directer Vergleich zwischen der Strahlung durch Bromdämpfe, salpetrige Säure und Chlor mit der Strahlung durch den luftverdünnten Raum angestellt worden ist, sondern nur ein unmittelbarer Vergleich der Diathermanität dieser Gase mit der der atmosphärischen Luft von mittlerer Dichtigkeit stattfand, und alsdann das Diathermanitäts-Verhältnifs der Luft zum luftverdünnten Raum in Rechnung gebracht wurde.

Zu den Untersuchungen der Diathermanität gefärbter Flüssigkeiten wurden an Stelle der Röhren cubische Flaschen angewendet, welche an zwei gegenüberstehenden Wänden durchbohrt waren; diese Durchbohrungen waren mit einer Messingfassung umgeben, auf welche Glasplatten, einander vollkommen parallel, aufgeschliffen waren. Die Glasplatten, von der Dicke der früher benutzten, hatten im Innern einen Abstand von 63^{mm}; diese Gröfse bezeichnet also die Länge der untersuchten Flüssigkeitsschicht. Die Flaschen wurden mit den verschiedenen zu untersuchenden Flüssigkeiten gefüllt, und dann die Mengen der Wärmestrahlen, welche die Flüssigkeiten durchdrangen, auf dieselbe Weise, welche oben für die Versuche mit den Gasarten angegeben ist, bestimmt.

Damit nicht bei den Versuchen, die mit einander in Beziehung stehen, aus einer Verringerung der Intensität der Wärmequelle Fehler in den Resultaten entständen, wurden stets zwischen den verschiedenen Lösungen die Versuche mit destillirtem Wasser wiederholt, und nur dann

die Versuche als maafsgebend betrachtet, wenn zwischen den einzelnen Versuchsreihen für die Menge der durch das Wasser gehenden Strahlen sich dieselben Werthe ergaben. Hingegen wurde an verschiedenen Tagen die Intensität des auf die untersuchende Substanz fallenden Wärmebündels durch Verrückung der als Wärmequelle dienenden Argand'schen Lampe verändert.

Die Ablenkungen des Spiegels überstiegen nicht 3°, deshalb konnten die Spiegelablenkungen den ablenkenden Stromintensitäten gleichgesetzt werden.

Die Wärme des Zimmers, in welchem die Beobachtungen angestellt wurden, ist constant auf 12° C. erhalten worden.

Es mögen zunächst die mit dem luftverdünnten Raum und verschiedenen Gasarten angestellten Versuche folgen.

I. Diathermanität einiger Gasarten, verglichen mit der Diathermanität des luftverdünnten Raums.

Bei Anwendung der langen Glasröhre (90^{cm}) ergaben sich, wenn die Luft in der Röhre bis auf 5^{mm} Druck verdünnt war, folgende Resultate:

Ruhelage des Spiegels.	Ausschlag.	Gröfse der Ablenkung.
250,2	297	46,8
250,8	296,8	46,0
251,2	297,2	46,0
250,8	297,2	46,4
250	206,5	46,5
	Mittel	46,34.

Für die Strahlung durch die wieder mit atmosphärischer Luft gefüllte Röhre zeigte sich:

Ruhelage des Spiegels.	Ausschlag.	Gröfse der Ablenkung.
250,5	294,8	44,3
249,5	293,5	44,0
250	294,3	44,3
251	295,8	44,8
251,2	297	45,8
251	296	45,0
	Mittel	44,7.

Diese Versuche zeigen demnach einen Verlust der durch atmosphärische Luft strahlenden Wärme gegen die durch den luftverdünnten Raum strahlende von 3,54 Proc., oder, setzt man die durch den luftverdünnten Raum von 90^{cm} Länge gehenden Wärmestrahlen gleich 100, so gehen durch eine gleich grofse Schicht atmosphärischer Luft nur 96,46 Strahlen.

Spätere Versuche stellten dieses eben angegebene Verhältnifs folgendermafsen dar:

Ablenkung des Spiegels bei Durchstrählung des luftverdünnten Raums.	der atmosph. Luft.	Procente des Verlustes.
45,825	44,66	2,55
37,3	36	3,49
41,44	40,2	3,00
41,85	40,9	2,28
55,83	54,4	2,75
25	24,2	3,20
46,34	44,7	3,54
	Mittel	2,97.

Jede dieser Zahlen ist aus einer Reihe von 5 bis 8 Beobachtungen entstanden. Die kurze Röhre lieferte ein wenig abweichendes Resultat. Es würde hiernach der mittlere Werth für die Menge der durch eine Schicht atmosphärischer Luft mittlerer Dichtigkeit von 90^{cm} Länge gehenden Wärmemenge durch 97 ausgedrückt werden, wenn man die Menge der Wärme, welche eine gleich grofse Schicht bis zum Druck von 5^{mm} verdünnter Luft durchstrahlt, mit 100 bezeichnet.

Dieser geringe Unterschied zwischen der Diathermanität des luftverdünnten Raumes und der atmosphärischen Luft liefs von vorn herein erwarten, dafs die anderen vollkommen farblosen Gasarten keine entschiedene Abweichungen in ihrer Diathermanität von der der atmosphärischen Luft zeigen würden, wenigstens nicht, sobald nur eine Luftschicht von 90^{cm} Länge der Untersuchung unterworfen wird. Es möge daher hier genügen, nur die Mittel aus drei Versuchsreihen für die Menge der durch Wasserstoff,

Kohlensäure und Sauerstoff gehenden Strahlen zu verzeichnen, wenn die Menge der durch den luftverdünnten Raum gehenden Strahlen wiederum durch 100 bezeichnet wird.

Wasserstoff 97,395
Kohlensäure 97,14
Sauerstoff 97.

Die einzelnen Resultate der Beobachtungen greifen in einander über.

Entschiedener treten Unterschiede in der Durchstrahlung der Wärme bei den farbigen Gasen und Dämpfen hervor. Die gröfste Differenz zeigte die mit Bromdämpfen und atmosphärischer Luft gefüllte Röhre. Die Versuche gaben bei Anwendung der kurzen Röhre folgende Zahlen:

Ablenkung des Spiegels bei Durchstrahlung des Brom.	der atmosph. Luft.	Procente des Verlustes.
16,4	19,75	16,75
57	70	18,57
96,3	117,3	17,87
37,87	45,7	17,14
76,5	91,5	16,39
75	90,75	17,38
57,75	70	17,50
	Mittel	17,37.

Aus diesen Versuchen folgt, dafs die Menge der durch mit Bromdämpfen gemischte atmosphärische Luft gehenden Strahlen zu der durch atmosphärische Luft gehenden sich verhält wie

82,63 : 100.

Auf den luftverdünnten Raum bezogen würde die Menge der die Bromdämpfe durchstrahlenden Wärme gleich 80,15 seyn [1]). Die lange Röhre, mit Bromdämpfen gefüllt, liefs von 100 Strahlen, welche dieselbe, mit Luft gefüllt, durch-

1) Da der Unterschied der bei Durchstrahlung des luftverdünnten Raums und der atmosphärischen Luft für die lange und kurze Röhre gefundenen Resultate die Beobachtungsfehler nicht übersteigt, so ist hier, wie auch bei den folgenden Vergleichungen diefs Verhältnifs für die kurze Röhre dem für die lange Röhre oben gefundenen 100 : 97 gleichgestellt.

drangen, nur 77,6 hindurch, also von 100 den luftverdünnten Raum durchdringenden Wärmestrahlen 75,27.

Geringer ist der Verlust, den die Wärmestrahlen beim Durchgang durch salpetrige Säure erleiden. Drei Versuchsreihen gaben folgende Werthe für diesen auf 100 durch die atmosphärische Luft gehende Strahlen bezogenen Verlust:

8,45; 6,9; 8,0;

oder, die mittlere Menge der durch salpetrige Säure gehenden Wärmestrahlen beträgt 92,32, wenn die Menge der durch eine ebenfalls 45,2^{cm} lange Säule atmosphärischer Luft strahlenden Wärme gleich 100 gesetzt wird. Auf eine gleich grofse Schicht bis zum Druck von 5^{mm} verdünnter Luft reducirt, ist das Verhältnifs der durch salpetrige Säure gehenden Strahlen 89,55 : 100. Trotz der oben erwähnten Vorsichtsmafsregeln, die salpetrige Säure von Wasserdampf zu befreien, gelang es nicht, die lange Röhre mit vollkommen wasserfreier salpetriger Säure zu füllen, weshalb die nicht vollkommen sicheren Resultate, die bei den genannten Versuchen erzielt wurden, hier übergangen werden.

Die mit Chlor gefüllte kurze Röhre zeigte im Vergleich mit der atmosphärischen Luft auf je 100 Strahlen in 3 Versuchsreihen Verluste von

5,6; 4,1; 6,55

Strahlen. Das Chlor liefs also im Mittel 94,56 Strahlen hindurch, oder auf den luftverdünnten Raum bezogen, 91,72 Proc.

Die Mengen der durch eine Schicht von 45,2^{cm} der untersuchten Gasarten gehenden Wärmestrahlen einer Argand'schen Lampe sind also folgende (ohne Berücksichtigung der wenig entschiedenen Zahlen für Sauerstoff und Kohlensäure):

luftverdünnter Raum	100,0
Wasserstoffgas	97,4
atmosphärische Luft	97,0
Chlor	91,7
salpetrige Säure	89,5
Bromdämpfe	80,1.

Es schien von Interesse auch die Joddämpfe auf ihre Diathermanität zu untersuchen, da sich annehmen läfst, dafs diese violetten Dämpfe, die nur den Lichtstrahlen von kleinster Wellenlänge den Durchgang zu gestatten scheinen, die Lichtstrahlen von gröfserer Wellenlänge aber gröfstentheils absorbiren, weniger diatherman, als irgend ein anderes Gas seyn werden [1]). Eine grofse Schwierigkeit bei Ausführung dieser Versuche bietet der Umstand dar, dafs das Jod erst bei hoher Temperatur in Dampfform übergeht. Der erste Versuch war folgender: Das Jod wurde in ein Gefäfs gebracht, das in einem erhitzten Oelbade stand; die hohe Temperatur des Oelbades veranlafste aber durch eigene Strahlung auf die thermo-elektrische Säule eine solche Unruhe des Galvanometerspiegels, dafs dieser Weg zu einem günstigen Resultat zu gelangen, verlassen werden mufste. Etwas entscheidender und für die oben angedeutete Vermuthung sprechend fiel folgender Versuch aus: Eine Flasche mit parallelen Wänden, welche wie die oben beschriebenen Flaschen seitlich durchbohrt und mit Glasscheiben verschlossen war, wurde mit einem Dreifufs versehen, der, auf dem Boden der Flasche stehend, eine massive Metallschale zu tragen vermochte. Eine solche Schale wurde stark erhitzt auf den Dreifufs gestellt, sie stand so tief, dafs ihre eigene Strahlung auf die Thermosäule, wie der Versuch zeigte, keine Ablenkung des Galvanometerspiegels bewirkte. Nach Entfernung des Schirmes veranlafsten die durch die Flasche gehenden Wärmestrahlen der sehr genäherten Argand'schen Lampe einen Ausschlag des Spiegels, der 493 Theilstrichen der Scala entsprach. Darauf wurde durch die obere Oeffnung der Flasche Jod auf die heifse Schale geworfen, und sobald die Dämpfe sich entwickelten, sank die Menge der durchgelassenen Strahlen so,

1) Nach Wrede's Untersuchungen absorbiren die Joddämpfe bei steigender Intensität das ganze Spectrum, bis auf einen kleinen Theil des Roth. Pogg. Ann. Bd. 33, S. 369. Hingegen löscht Chlor das Blau aus, Brom zeigt aufserdem dunkle breite Streifen im Roth. *Miller and Daniell Phil. Mag. ser. III, vol. II. p.* 381. Pogg. Ann. Bd. 28, S. 387.

dafs der Spiegel nur noch eine Ablenkung von 178 Theilstrichen aus seiner Ruhelage anzeigte. Da nun aber die Glasplatten, durch welche die Wärme strahlte, nicht eine so hohe Temperatur angenommen hatten, um das Jod, das sich auf sie in Krystallform niederschlug, zu verdampfen, so wurde durch die Trübung dieser Glasplatten der Vergleich mit dem ersten Ausschlag des Spiegels ein ungenauer, und es mufste bei fortdauernder Strahlung der Lampe der Zeitpunkt abgewartet werden, an welchem keine Joddämpfe mehr in der Flasche vorhanden waren. Dieser Zeitpunkt trat nach Verlauf von etwa $\frac{1}{4}$ Stunde ein; der Spiegel zeigte eine Ablenkung von 318,5 Theilstrichen aus seiner Ruhelage. Dieser Versuch ist zu ungenau, als dafs aus ihm das numerische Verhältnifs der Diathermanität von Joddämpfen zu der der atmosphärischen Luft bestimmt werden könnte. Nur das scheint mit Entschiedenheit hervorzugehen, dafs die Joddämpfe um Vieles weniger diatherman sind, als die übrigen untersuchten Gase und Dämpfe.

II. Diathermanität gefärbter Flüssigkeiten, verglichen mit der Diathermanität des destillirten Wassers.

Die Argand'sche Lampe stand bei den Versuchen mit Flüssigkeiten den oben beschriebenen cubischen Flaschen so nahe, dafs der Galvanometerspiegel bei Entfernung des Schirmes, wenn die Flaschen mit destillirtem Wasser gefüllt waren, einen Ausschlag machte, der an der angewandten Scala als eine Abweichung von 50 bis 80 Theilstrichen abgelesen wurde. Die Menge der durch das destillirte Wasser dringenden Strahlen wurde beim Vergleich mit den anderen untersuchten gefärbten Flüssigkeiten zu Grunde gelegt.

Eine vollkommen concentrirte Kochsalzlösung liefs mehr Strahlen hindurch, als destillirtes Wasser; die Beobachtungen, welche nach Zwischenstellung einer mit destillirtem Wasser oder mit einer concentrirten Kochsalzlösung angefüllten Flasche zwischen Wärmequelle und Thermosäule angestellt wurden, ergaben folgende Zahlen:

Ablenkung des Spiegels bei Durchstrahlung der Kochsalzlösung.	des Wassers.
62	55,6
55,5	50,56
54,7	49

Wenn man demnach die Anzahl der durch das Wasser gehenden Strahlen gleich 100 setzt, so durchdringen bei der gewählten Dicke der Schicht 111 Strahlen die concentrirte Kochsalzlösung [1]).

Blaue Lösungen.

Schwefelsaures Kupferoxyd verhält sich in seiner concentrirten Auflösung in Wasser (bei 12° C.) ebenso adiatherman, wie der feste Körper. Selbst eine sehr helle Mischung dieser Lösung mit Wasser (*a*), 9 Theile Wasser und 1 Theil der concentrirten Lösung, liefs im Mittel mehrerer Versuchsreihen nur 4,21 Strahlen hindurch, während 100 durch destillirtes Wasser hindurch gingen. Endlich wurde noch eine Kupfervitriollösung untersucht, welche entstanden war, indem 10 Tropfen der concentrirten Lösung 300 Grammen Wasser zugesetzt waren. Die so entstandene Flüssigkeit (*b*) erschien dem Auge ungefärbt. Die Versuchsreihen ergaben folgende Resultate:

Ablenkung des Spiegels bei Durchstrahlung der Lösung *a*.	des Wassers.	Procente des Verlustes.
3,97	95,1	95,83
3,44	80	95,74
	im Mittel	95,78.
der Lösung *b*.		
62,16	81,5	23,73
62,4	80	22,00
	im Mittel	22,86.

1) Melloni giebt in seiner Abhandlung: *Ueber den freien Durchgang der strahlenden Wärme durch starre und flüssige Körper*, Pogg. Ann. Bd. 35, S. 292 (*Ann. de chim. et de phys. t.* 53, *p.* 5) diefs Verhältnifs an wie 11 : 12.

Durch Zusatz von 1 Tropfen Eisenchloridlösung und 2 Tropfen Kaliumeisencyanidlösung zu 300^{gr} Wasser entsteht eine schön gefärbte blaue Flüssigkeit, deren Diathermanität zu der des Wassers sich verhielt wie 6,06 : 100.

Mit diesen genannten blauen Lösungen verglichen, erscheint die Indigolösung sehr diatherman. Eine concentrirte Indigolösung wurde mit Wasser vermischt, so daſs in 10 Theilen der Mischung ein Theil der concentrirten Lösung enthalten war (*a*). Eine zweite Mischung (*b*) enthielt in 100 Theilen einen Theil der concentrirten Lösung. Die verschiedenen Reihen gaben folgende Mittelwerthe:

Ablenkung des Spiegels bei Durchstrahlung der Lösung *a*.	des Wassers.	Procente des Verlustes.
41,3	81	49,00
40	73	45,20
45,7	81,8	44,23
	im Mittel	46,14.
der Lösung *b*.		
56,8	81	29,88
54,35	73	25,55
60,5	81,8	26,04
	im Mittel	27,16.

Grüne Lösungen.

Schwefelsaures Eisenoxydul in Wasser gelöst giebt eine Flüssigkeit, die eine geringe Menge von Wärmestrahlen hindurchläſst. Die bei 12° C. concentrirte Lösung (*a*) wurde mit einer gleichen Menge Wasser verdünnt (*b*) und endlich wurde eine Mischung bereitet, die in 10 Theilen 1 Theil der concentrirten Lösung enthielt (*c*). Die Resultate waren folgende:

Ablenkung des Spiegels bei Durchstrahlung der Lösung *a*.	des Wassers.	Procente des Verlustes.
3	72,5	95,86
3,42	68,1	94,98
2,8	66,1	95,76
3,2	66,9	95,22
	im Mittel	95,455.

Ablenkung des Spiegels bei Durchstrahlung der Lösung *b*.	des Wassers.	Procente des Verlustes.
5,37	66,1	91,88
6,14	68,1	90,98
6,05	72,5	91,66
5,85	66,9	91,26
	im Mittel	91,445.
der Lösung *c*.		
22,15	72,5	69,45
21,86	68,1	67,90
20,1	66,1	69,59
21,6	66,9	67,71
	im Mittel	68,66. [1])

Bei grünen Lösungen, welche durch Zusatz einer Auflösung von Schwefelkupfer in Eiweifs zu Wasser erhalten waren, und zwar durch Zusatz von 20 und 30 Tropfen zu 300^{gr} Wasser, ergaben sich im Mittel 66,26 bezüglich 82,55 Procente Verlust gegen die das Wasser durchstrahlende Wärmemenge. Diese Versuche wurden gleich nach der Bereitung der Mischung angestellt, spätere Versuchsreihen gaben abweichende Ergebnisse, wegen Veränderung der Flüssigkeit. Wurde die Schwefelkupferlösung dem Wasser in solcher Menge zugesetzt, dafs die Mischung dunkelgrün gefärbt erschien, so war sie für die angewandte Wärmequelle adiatherman.

Eine andere schwach ins Grünliche fallende Lösung wurde durch Zusatz von 10 Tropfen einer Chlorkupferlösung zu 300^{gr} Wasser erhalten. Die Ergebnisse der betreffenden Versuche waren folgende:

Ablenkung des Spiegels bei Durchstrahlung der Lösung.	des Wassers.	Procente des Verlustes.
47,95	95,1	49,58
42,2	81,5	48,22
35,5	68,3	48,03
	im Mittel	48,61.

1) Diese Lösungen waren aus käuflichem, aber sehr reinem Eisenvitriol erhalten. Nach Entfernung der sehr geringen Kupfermenge, die noch darin enthalten war, gaben die Lösungen gleiche Resultate. Die Procente des Verlustes der Lösung *a* waren 95,32; die der Lösung *b* 91,425.

Durch Zusatz von 30 Tropfen derselben Chlorkupferlösung zu 300gr Wasser entstand eine Mischung, welche von 100 durch Wasser dringenden Wärmestrahlen 82,55 absorbirte.

Gelbe Lösungen.

Bei 12° C. concentrirte Lösungen von chromsaurem Kali (*a*) und saurem chromsauren Kali (*b*) erstere gelb, die andere orange, gaben folgende Resultate:

Ablenkung des Spiegels bei Durchstrahlung der Lösung *a*.	des Wassers.	Procente des Verlustes.
72,64	81,8	11,19
74,625	95,9	13,13
71,4	80,5	11,30
	im Mittel	11,87
der Lösung *b*.		
78,425	81,8	4,13
82,46	85,9	4,01
77,87	80,5	3,27
	im Mittel	3,80

Rothe Lösungen.

Intensiv roth gefärbte Flüssigkeiten erhält man bekanntlich durch Zusatz von wenigen Tropfen Rhodankalium-lösung und Eisenchloridlösung zu Wasser. Es wurden zu 300 Grm. Wasser 3 Tropfen Rhodankaliumlösung und 3 Tropfen Eisenchloridlösung zugesetzt (*a*), ferner je 5 Tropfen (*b*), je 10 Tropfen (*c*) und je 20 Tropfen (*d*). Die Beobachtungen mit diesen 4 rothen Flüssigkeiten ergaben Folgendes:

Ablenkung des Spiegels bei Durchstrahlung der Lösung *a*.	des Wassers.	Procente des Verlustes.
51,14	56	8,68
68,65	75,26	8,78
68,7	76,1	9,73
58,88	64,06	8,09
78,1	85	8,12
	im Mittel	8,68

Ablenkung des Spiegels bei Durchstrahlung der Lösung *b.*	des Wassers.	Procente des Verlustes.
67	75,26	10,97
66,75	76,1	12,29
55,8	62,65	10,93
73,7	85	13,29
	im Mittel	11,87
der Lösung *c.*		
60,7	75,26	19,35
49,2	62,7	21,53
48,7	61,5	20,81
69,7	85	18,00
	im Mittel	19,92
der Lösung *d.*		
48,77	62,7	22,22
47,24	60,6	22,05
52,38	65,1	19,54
66,4	85	21,89
	im Mittel	21,425

Eine dunkle Lösung von oxalsaurem Chromoxyd-Kali (Brewster'sches Salz), die selbst in dünnen Schichten undurchsichtig war, gab folgende Werthe:

Ablenkung des Spiegels bei Durchstrahlung der Lösung.	des Wassers.	Procente des Verlustes.
46,9	64,1	26,83
50,3	70	28,14
38,3	52,4	26,91
49,7	66,5	25,26
	im Mittel	26,78

Die letzte farbige Flüssigkeit, welche der Untersuchung unterworfen wurde, war *tinctura chamomillae.* Ihre Diathermanität konnte aber nur mit Alkohol verglichen werden, wenn der Einflufs der Farbe der Lösung gefunden werden sollte. Bei Gelegenheit dieser Versuche zeigte sich auch das Verhältnifs der Diathermanität des Alkohols zu der des Wassers, das von Melloni [1]) für absoluten Alkohol

1) *Ann. de ch. et de ph. t. LIII. p.* 5; Pogg. Ann. Bd. XXXV. S 277.



als $\frac{11}{15}$ beobachtet worden ist. Der hier benutzte Alkohol war nicht absolut, sondern von 70 Proc. (*Tralles*). Die Mittel aus je 6 Versuchen gaben folgende Ablenkungen des Spiegels nach der Strahlung der Wärme durch

Wasser.	Alkohol.	*tinctura chamomillae.*
73	94,77	82,05

oder

100	129,7	112,4

oder

77,03	100	86,58

Demnach wäre das Verhältnifs der Diathermanität des Wassers zu Alkohol von 70 Proc. gleich 14,28 : 11.

Schliefslich wurde untersucht, eine wie grofse Menge von Wärmestrahlen der angewandten Quelle durch die allein mit beiden verschliefsenden Gläsern versehene Flasche hindurchging. Des Vergleiches wegen wurden die Versuchsreihen zuerst mit der mit Luft gefüllten Flasche angestellt, und darauf wurde die Flasche mit Wasser angefüllt, und die Menge der durchgestrahlten Wärme aufs Neue bestimmt. Es war aber bei diesen Versuchsreihen nöthig, die Wärmequelle weiter von der Flasche zu entfernen, damit die Ablenkungen des Galvanometerspiegels nicht zu grofs wurden, da sonst die abgelesenen Ablenkungen nicht mehr der Intensität des erregten Thermostroms würden entsprochen haben.

Ablenkung des Spiegels bei Durchstrahlung		
der mit Luft gefüllten Flasche.	der mit Wasser gefüllten Flasche.	Pocente des Verlustes.
198	14,8	92,53
105	9	91,43
118,1	9,76	91,74
107,3	8,6	92,01
113,3	9,4	91,70
	im Mittel	91,9 [1]).

1) Melloni giebt in der oben angeführten Abhandlung an, dafs die Diathermanität des Wassers zu der der Luft sich verhalte wie 11 : 100. Die Dicke der von ihm auf ihre Diathermanität untersuchten Schicht

In der folgenden Tabelle sind die für die untersuchten Lösungen in Wasser gewonnenen Resultate zusammengestellt:

	Durchgelassene Strahlen.
Destillirtes Wasser	100,00
Kochsalzlösung	111,00
Lösung von saurem chromsauren Kali . . .	96,20
300^{gr} Wasser mit 3 Tropfen Rhodankaliumlösung und 3 Tropfen Eisenchloridlösung . . .	91,32
300^{gr} Wasser mit 5 Tropfen Rhodankaliumlösung und 5 Tropfen Eisenchloridlösung . . .	88,13
Lösung von chromsaurem Kali	88,13
300^{gr} Wasser mit 10 Tropfen Rhodankaliumlösung und 10 Tropfen Eisenchloridlösung	80,08
300^{gr} Wasser mit 20 Tropfen Rhodankaliumlösung und 20 Tropfen Eisenchloridlösung	78,58
300^{gr} Wasser mit 10 Tropfen Kupfervitriollösung	77,14
Lösung von oxalsaurem Chromoxyd-Kali . .	73,22
Mischung von Wasser u. Indigolösung (1 Proc.)	72,84
Mischung von Wasser u. Indigolösung (10 Proc.)	53,86
300^{gr} Wasser mit 10 Tropfen Chlorkupferlösung	51,39
300^{gr} Wasser mit 20 Tropfen Schwefelkupferlösung in Eiweifs	33,74
Mischung von Wasser mit Eisenvitriollösung (10 Proc.)	31,34

Wasser war $9^{mm},21$. In derselben Abhandlung finden sich Versuche über den Einflufs der Dicke einer Flüssigkeitsschicht auf den Verlust der durchstrahlenden Wärme. Melloni hat das Rüböl zu diesen Versuchen benutzt. Nimmt man an, dafs die gröfsere Dicke einer Wasserschicht in demselben Verhältnifs wie Rüböl Einflufs auf den Verlust der Wärmestrahlen ausübt, so stimmt die oben angeführte Zahl für die Dicke der Wasserschicht von 63^{mm} fast vollkommen mit Melloni's Angabe über die Diathermanität des destillirten Wassers. — Melloni's concentrirte Salzlösung liefs 12 Strahlen hindurch, wenn Wasser unter gleichen Bedingungen nur deren 11 hindurchliefs. Das in dieser Abhandlung angegebene Verhältnifs ist 111 : 100 oder 12 : 10,8, ein mit jenem von Melloni gefundenen übereinstimmendes.

	Durchgelassene Strahlen.
300gr Wasser mit 30 Tropfen Schwefelkupferlösung in Eiweifs	17,45
300gr Wasser mit 30 Tropfen Chlorkupferlösung	17,45
Mischung von Wasser mit Eisenvitriollösung (50 Proc.)	8,56
300gr Wasser mit 1 Tropfen Eisenchloridlösung 2 Tropfen Kaliumeisencyanidlösung	6,06
Lösung von Eisenvitriol (concentr. bei 12° C.)	4,55
Mischung von Wasser mit Kupfervitriollösung (10 Proc.)	4,22
Lösung von Kupfervitriol (concentr. bei 12° C.)	0,00
Dunkelgrüne Mischung von Wasser mit Schwefelkupferlösung in Eiweifs	0,00

Die Erscheinung, dafs die concentrirte Kochsalzlösung eine gröfsere Menge von Wärmestrahlen durchläfst, als reines destillirtes Wasser, findet ihre Erklärung in der sehr grofsen Diathermanität des Steinsalzes. An Stelle der gesättigten Auflösung hat man sich eine Schicht Steinsalz und eine Schicht Wasser zu denken, deren erstere fast alle auf sie fallenden Wärmestrahlen auch wieder weiter sendet, während die letztere eine grofse Menge davon absorbirt. Es ist nun in dem angewandten Gefäfse durch die Auflösung des Salzes im Wasser zum Theil das vorher absorbirende Wasser durch Steinsalz ersetzt, und so die Dicke der absorbirenden Wasserschicht verringert worden, damit aber auch die Menge der absorbirten Wärmestrahlen.

Obgleich nach den angegebenen Resultaten die Farbe einer Lösung keinen Einflufs auf die Diathermanität derselben auszuüben scheint, so findet doch in den meisten Fällen eine Beziehung zwischen ihren optischen und thermischen Eigenschaften statt. Viele der genannten farbigen Flüssigkeiten sind früher darauf untersucht worden, welche Theile des Spectrums sie bei der Durchstrahlung des Lich- absorbiren. Es stellt sich beim Vergleich der durch

diese Flüssigkeiten gehenden Licht- und Wärmestrahlen heraus, dafs im Allgemeinen diejenigen Flüssigkeiten, welche das Roth des Spectrums hindurchlassen, die am meisten diathermanen erscheinen, je mehr sich aber die hindurchgehenden Spectralfarben von dem Roth entfernen, um so weniger diatherman erscheint meistentheils die Lösung. Nach J. Müller's Angaben [1]) löscht eine concentrirte Auflösung von saurem chromsauren Kali von den Spectralfarben Violett, Indigo, Blau und Grün bis auf eine Spur vollständig aus, der übrigbleibende Theil des Spectrums aber hat die Lichtstärke des freien. Eine Indigolösung absorbirt das ganze Spectrum bis auf Blau, seine angränzenden Farbenübergänge und ein Stück des rothen Theils. Eine Auflösung von oxalsaurem Chromoxydkali [2]) zeigt den rothen hindurchgehenden Theil des Farbenspectrums ausgedehnter, als die Indigolösung. Nach den oben angegebenen Versuchen läfst auch die Lösung von oxalsaurem Chromoxydkali eine gröfsere Menge von Wärmestrahlen hindurch, als die am meisten verdünnte Indigolösung. Die optischen Untersuchungen zeigen ferner, dafs die braune *tinctura chamomillae* Blau, Indigo und Violett absorbirt, Grün, Gelb, Orange, Roth werden hindurchgelassen, nur im Roth zeigt sich ein breiter Balken.

Auf die von Müller am angeführten Ort beschriebene Art wurden, nachdem die von ihm gegebenen Resultate sich vollkommen bestätigt hatten, auch die übrigen auf ihre Diathermanität untersuchten Lösungen speciellen Versuchen über ihre Lichtabsorption unterworfen; es zeigte sich dabei, dafs von den Lösungen folgende Spectralfarben absorbirt wurden:

Kupfervitriollösung: Roth, Orange, Gelb bis zur Gränze des Grün.

1) Pogg. Ann. Bd. 72, S. 76. J. Müller, Lehrbuch der Physik und Meteorologie, 4te Aufl. Bd. I, S. 434.

2) Das Doppelsalz selbst verhält sich ebenso. Brewster, *phil. mag. ser. III. vol.* 2, *p.* 360. Pogg. Ann. Bd. 28, S. 384.



Wasser mit Kupfervitriollösung (10 Proc.): äufserstes Roth.

300^{gr} Wasser mit je 3 Tropfen Rhodankaliumlösung und Eisenchloridlösung: der gröfste Theil des Grün, Blau Indigo, Violett.

300^{gr} Wasser mit je 5 Tropfen Rhodankaliumlösung und Eisenchloridlösung: Grün, Blau, Indigo, Violett.

300^{gr} Wasser mit je 10 Tropfen Rhodankaliumlösung und Eisenchloridlösung: der gröfste Theil des Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett.

300^{gr} Wasser mit je 20 Tropfen Rhodankaliumlösung und Eisenchloridlösung: alle Farben aufser Roth.

Lösung von chromsaurem Kali: Grün, Blau, Indigo, Violett.

300^{gr} Wasser mit 1 Tropfen Eisenchloridlösung und 2 Tropfen Kaliumeisencyanidlösung: Roth und die Gränze des Orange.

300^{gr} Wasser mit 30 Tropfen Chlorkupferlösung: die äufserste Gränze des Roth.

Eisenvitriollösung (gesättigt) zeigte das Spectrum unverändert, nur um sehr Weniges schwächer an Intensität, als Wasser für sich.

Es bestätigt sich also durch diese letzten Versuche wieder, dafs die rothen Lichtstrahlen nicht immer von Wärmestrahlen begleitet sind, sondern beim Durchgang durch gewisse Medien können die letzteren von den ersteren getrennt absorbirt werden; während die Lichtstrahlen durch den durchdrungenen Körper nicht wahrnehmbar geschwächt werden, ist eine Wärmewirkung derselben durch die feinsten Thermoskope nicht mehr zu erkennen.

II. *Beobachtungen über eine neue Entstehungsweise des Tons, und Versuch einer Theorie derselben;* *von J. J. Oppel,*

ord. Lehrer d. Physik u. Mathematik am Gymnas. zu Frankfurt a. M.

Ein Viertelstündchen westwärts von Frankfurt a. M., nahe bei den letzten vor dem Untermainthor gelegenen Villen und Gärten, befindet sich an der Stelle, wo die in den vierziger Jahren vollendete Main-Neckar-Eisenbahn auf einer besonderen, aufserdem nur für Fufsgänger zugänglichen, hohen Brücke den Flufs überschreitet, unmittelbar unterhalb dieser Brücke auf dem rechten oder nördlichen Ufer ein *freier, unbebauter Platz* von ein paar tausend Schritten Länge, der in den letzten Jahren öfters von Abtheilungen der hier garnisonirenden Truppen zu militärischen Uebungen benutzt wird. Dieser Platz wird nach Osten durch einen, die Verlängerung der erwähnten Brücke bildenden Viaduct, nach Süden durch den Flufs, nach Westen durch die unter dem Namen des »Grindbrunnens« bekannte Schwefelquelle und die sie umgebende Baumgruppe, und nach Norden durch einen von dem Untermainthore herkommenden, in westlicher Richtung dem Flusse folgenden, mit Bäumen bepflanzten Weg begränzt, ungefähr wie diefs die beiliegende Fig. 1 Taf. VI veranschaulicht, in welcher der fragliche Platz mit $defg$ bezeichnet ist, während dg den erwähnten Viaduct, dh die Eisenbahnbrücke und pq den Flufs vorstellt.

Als ich nun im Sommer des Jahres 1848 oder 1849 in der Gegend des Ufers de vorüberging, während gerade eine kleine Truppenabtheilung auf dem beschriebenen Platze im Feuer exercirte, vernahm ich zu meinem Staunen nach jedem einzelnen Schusse, aufser dem durch die Umgebungen hervorgebrachten mehrfachen Echo des Knalls, einen *ganz eigenthümlichen schrillenden Ton,* der kaum über eine Sekunde dauern mochte, aber nicht eine constante Höhe hatte,

sondern während seines Tönens in beständigem Sinken begriffen war und zugleich, in Bezug auf seine Stärke, ein sehr regelmäfsiges Decrescendo zeigte. Der Ton war nicht jedesmal derselbe, im Ganzen aber von sehr bedeutender Höhe bei verhältnifsmäfsig geringer Stärke. Er hatte in Folge des erwähnten Sinkens etwas eigenthümlich *Organisches*, so zu sagen *Articulirtes*, so dafs er weniger den durch ein musikalisches Instrument, als den durch die Stimme eines lebenden Wesens hervorgebrachten Tönen glich: er klang bald mehr wie ein Klagelaut, ein Ton des Bedauerns oder Schmerzes, bald mehr wie ein höhnisches, lang gezogenes »*hm!*«, das sich nach jedem Schusse von der Gegend der Brücke her vernehmen liefs. Ich kam sofort auf den naheliegenden Gedanken, dafs dieser Ton seine Entstehung irgendwie einer *Reflexion* der Schallwellen an den Bogen oder Brustwehren der Brücke verdanken möge, hatte jedoch damals nicht Zeit, die Sache weiter zu verfolgen, und auch nicht Gelegenheit, die Beobachtung unter geeigneten Umständen zu wiederholen.

Verwandte akustische Untersuchungen brachten mich indessen vor einigen Wochen auf den Gegenstand zurück, und ich construirte mir nun bei genauerer Betrachtung eine, wie mir scheint, im Ganzen befriedigende und durch demnächst zu erwähnende Versuche bestätigte *Theorie* dieser eigenthümlichen Gattung von Tönen, für welche ich, zur Unterscheidung der auf anderem Wege entstandenen, den Namen »*Reflexionstöne*« vorschlagen möchte.

Die erwähnte Eisenbahnbrücke besteht aus 9 Bogen von je 60′ (Frankfurter Werkmaafs) Spannweite; die Pfeiler haben eine Dicke von 10′, so dafs der Abstand der auf der Mitte der Pfeiler stehenden Gascandelaber (oder vielmehr ihrer Axen) von einander 70′ beträgt. Aufserdem befindet sich am südlichen Ende der Brücke ein 30′ breiter Durchlafs für Schiffe, deren Masten die Höhe der Brücke übersteigen, welcher Durchlafs durch zwei stärkere Pfeiler von je 25′ Dicke begränzt ist. Der südlichste dieser beiden Pfeiler steht aber bereits auf dem Lande und trägt

das Brückenzoll- und Bahnwärterhäuschen. Ein ähnlicher befindet sich auch am nördlichen Ende der Brücke, wo der schon erwähnte Viaduct, unter welchem der Weg *gf* in Form eines kurzen Tunnels hindurchführt, auf mehreren schmäleren Bogen ruhend, die nördliche Verlängerung der Brücke bis nach dem nicht weit entfernten Bahnhofe hin ausmacht. Die Brustwehr der Brücke bildet, in ihrer ganzen Länge zwischen den beschriebenen äufsersten dickeren Pfeilern (und zwar auf beiden Seiten) ein doppeltes, aus senkrechten Eisenstäben bestehendes *Gitter*, welches ohne Zweifel den fraglichen Ton erzeugt. Die vier Gitter sind so gestellt, dafs die je zwei äufsersten in einem Abstande von 6′ das für Fufsgänger bestimmte Trottoir, die zwei mittleren aber das doppelte Schienengeleise der Eisenbahn zwischen sich haben. Jede der 9 Hauptabtheilungen dieser Gitter (zwischen den genannten eisernen Laternenpfählen) besteht aus je 12 (die neunte nur aus 11) Unterabtheilungen, und jede dieser letzteren aus je 11 in gleichem Abstande stehenden eisernen Stäben, so zwar, dafs je 10 derselben von gleicher Dicke, der je 11te aber (die Unterabtheilungen begränzende) etwas dicker ist. Es ergiebt sich daraus für den Abstand je zweier benachbarten Stäbe die Gröfse von $\frac{70}{132}$, oder von 6,3636 ... Zoll hiesigen Maafses. Die *Anzahl* der Stäbe aber vom nördlichen Ende des Brückengeländers bis zu dem ersten dickeren Pfeiler am Südende beträgt nach Obigem in jedem Gitter $(8.12 + 11).11 = 1177$; doch ist auch dieser dickere Pfeiler selbst, sowie der Durchlafs, mit solchen Pfählen eingefafst, die aber auf Ersterem nicht mehr mit jenen 1177 in gerader Linie stehen.

Die Entstehung des beschriebenen Tones nun erkläre ich mir folgendermafsen.

§. 1. Die durch den Schufs hervorgebrachte einfache Schallwelle breitet sich in bekannter Weise um den Punkt ihres Ursprungs mit gleichmäfsiger Geschwindigkeit kreisförmig aus und erreicht bei dieser Ausbreitung nach einem gewissen Zeitintervall das erwähnte, aus gleichweit von ein-

ander entfernten Stäben bestehende Gitter des Brückengeländers. Der Punkt desselben, bei welchem sie zuerst anlangt, wird ohne Zweifel derjenige seyn, der ihrem Ursprunge *am Nächsten* liegt, d. h. derjenige Punkt des Gitters, wo dieses den sich allmälich erweiternden Wellenkreis tangirt, oder, was dasselbe ist, der Fufspunkt eines von dem Orte des Schusses aus auf die gerade Linie des Gitters gefällten Perpendikels. Wir können im vorliegenden Falle der Einfachheit wegen annehmen, dafs dieser Punkt der *Anfang* (oder das nördliche *Ende*) des Gitters sey, weil sich der beschriebene Platz (*defg* in Fig. 1, Taf. VI) ziemlich genau unter rechtem Winkel von dem Anfange der nach Süden gehenden Brücke westwärts erstreckt. Es wird daher, unter dieser Voraussetzung, der *erste* Stab des Gitters von der entstandenen Schallwelle zuerst getroffen — und, ohne Zweifel, *diese* von ihm *reflectirt* werden müssen, in der Weise, dafs dieser erste Stab das Centrum einer *neuen*, freilich viel schwächeren Welle bildet, die sich von ihm aus gleichfalls kreisförmig verbreitet und von dem in der Nähe befindlichen Hörer, — wäre jener Stab der *einzige*, — als ein *schwaches Echo* des Knalls vernommen werden würde. Nun aber wird die ursprüngliche, durch den Schufs hervorgebrachte Schallwelle, einen Augenblick später, in gleicher Weise auch bei dem *zweiten* Stabe des Gitters anlangen und auch an diesem eine ähnliche Reflexion erleiden, also ein ähnliches Echo des Knalls hervorbringen, welches aber das Ohr des Hörers in einem *so kurzen* Zeitintervalle nach jenem ersten treffen mufs, dafs es von ihm nicht unterschieden werden kann und ohne Zweifel, — wären blofs diese zwei Stäbe vorhanden, — nur als eine mäfsige *Verstärkung* des ersten Echos erscheinen würde. Die unablässig weitergebende Verbreitung der ursprünglichen Schallwelle aber wird, gleich darauf auch bei dem dritten Stabe anlangend, auch diesen wiederum zu einem neuen Wellencentrum machen, auch an diesem einen Widerhall erwecken, der das Ohr des Hörers abermals einen unendlich kleinen Zeittheil nach dem zweiten treffen wird. In

ganz gleicher Weise werden dann, der Reihe nach, auch der vierte, fünfte, sechste Stab des Gitters und allmälich alle übrigen von der ursprünglichen Welle des Schusses getroffen werden, *jeder* derselben wird durch Reflexion eine neue einfache Welle liefern, und *jede* dieser Wellen wird das Ohr des Hörers *etwas später* treffen müssen, als die durch den vorhergegangenen Stab hervorgerufene; — Letzteres aus dem doppelten Grunde, weil jeder folgende Stab des Gitters von der primitiven Welle einen Moment später getroffen wird, also die von ihm ausgegangene Welle später ins Daseyn tritt, *und* weil zugleich auch diese spätere Welle bis zum Ohre des Hörers einen etwas weiteren Weg zurückzulegen hat, als die vorhergegangene.

Denn bezeichnet z. B. *e* in Fig. 2, Taf. VI den Standpunkt des Schiefsenden, *f* den des Hörenden, *g* den Anfang des Gitters *gk*, — wobei wir, der gemachten Voraussetzung zufolge, den Winkel *egk* als einen *rechten* betrachten, — und *h, i, k* drei aufeinander folgende Stäbe des Gitters, so sind *eh, ei, ek* die Wege, welche die ursprüngliche, von *e* ausgehende Welle zurückzulegen hat, bis sie, an den Stäben *h, i, k* anlangend, die beschriebenen reflectirten Wellen hervorruft. Da aber offenbar $ek > ei > eh$ ist, so wird die von *k* ausgehende reflectirte Welle *später* entstehen, als die von *i* ausgehende, und diese später, als die bei *h* zurückgeworfene. In gleicher Weise sind *kf, if* und *hf* die Wege, welche diese secundären Wellen von ihrem Ursprunge an zurückzulegen haben, um in das Ohr des bei *f* stehenden Hörers zu gelangen; und da auch hier wiederum $kf > if > hf$ seyn mufs, so wird die in *k* entstandene Welle aus *doppeltem* Grunde in *f* später vernommen werden, als die in *i* entstandene, und diese später als die von *h* ausgegangene.

Bei dem geringen Abstande der Stäbe aber und der sich daraus ergebenden noch geringeren Differenz der Wege *ek, ei, eh* einerseits und der Wege *kf, if, hf* andererseits, verglichen mit der normalen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in der Luft, wird es vollkommen begreiflich

werden, dafs die von den verschiedenen Stäben ausgegangenen Stöfse oder Wellen von dem in *f* befindlichen Ohre nicht *unterschieden*, nicht *einzeln vernommen* werden können, sondern vielmehr in ihm genau *denselben Eindruck* hervorbringen müssen, wie eine continuirliche Reihe rasch aufeinander folgender Stöfse, d. h. wie die continuirliche Wellenreihe eines *musikalisch bestimmbaren Tones*; so dafs wir in einem solchen Gitter in der That ein Mittel haben, einen einfachen Schall (oder Knall) durch Reflexion in einen *Ton*, im engeren Sinne dieses Wortes, umzuwandeln. Hiernach dürfte denn auch der vorgeschlagene Name »Reflexionstöne« als gerechtfertigt erscheinen, in sofern er nämlich *Töne* bezeichnen will, die (als solche) erst *durch Reflexion* (eines einfachen Schalles) *entstanden* sind.

Die Einwendung, die man mir möglicherweise machen könnte, dafs nämlich unser Ohr, nach bekannten akustischen Grundsätzen, nur *solche* Reihen einfacher Stöfse als wirkliche, deutliche *Töne* empfinde, die sich in — wenn auch noch so kleinen — aber *gleichen* Zeitintervallen folgen, während hier schon nach dem Anblicke der Figur diese Zeitintervalle offenbar *nicht* gleich seyn können: — diese Einwendung beseitigt sich einfach dadurch, dafs im vorliegenden Falle wenigstens je zwei *benachbarte* Zeitintervalle *nahezu gleich* sind und demnach recht wohl den Eindruck eines Tones von gewisser Höhe hervorrufen können, weil ja die Ungleichheit eine regelmäfsige, nach stetigem Gesetze verlaufende, — dafs aber auch andererseits schon nach der oben geschilderten ersten Beobachtung der vernommene Ton allerdings kein *constanter*, von bestimmter musikalischer Höhe, sondern *während* seines Tönens in fortwährendem *Sinken* begriffen ist.

Gerade diese *allmählig* auftretende Ungleichheit der Schwingungen, die allerwärts (an jeder einzelnen Stelle des Tones) an *Gleichheit streift*, ist es ohne Zweifel, die demselben das beschriebene, höchst eigenthümliche Gepräge des *Artikulirten* oder Organischen verleiht, und die er in der That mit den durch menschliche oder thierische Stimm-

organe erzeugten Tönen, z. B. mit den artikulirten Tönen der *Sprache*, gemein hat, — welch letztere ja durch ganz ähnliche Modulationen (die sich eben wegen jener *Biegsamkeit* des Tones nie in Noten setzen lassen) nicht blofs Regungen des Gefühls (Bedauern, Mitleid, Spott etc.), sondern auch rein *logische* Verhältnisse (Frage, Affirmation und Negation etc.) auszudrücken pflegt.

Berücksichtigt man hierbei die angegebenen Dimensionen, namentlich den geringen Abstand der Gitterstäbe von einander und die grofse Geschwindigkeit der Schallverbreitung, so erklärt sich zugleich aufs Befriedigendste die auffallende *Höhe* des vernommenen Tones, die auch der umfangreichsten Sopranstimme kaum erreichbar seyn würde und dadurch um so seltsamer gegen den sie hervorrufenden Knall des Schiefsgewehrs contrastirt.

§. 2. So befriedigend mir nun auch die angedeutete Theorie erschien, so begnügte ich mich doch nicht mit dieser allgemeinen Aufstellung derselben, sondern unternahm es sofort, sie sowohl theoretisch, als auch, wo möglich, experimentell noch etwas ins Einzelne zu verfolgen, um dadurch ihre Zulässigkeit zu prüfen.

Dafs zuvörderst, falls die angegebene Vorstellung von der Entstehungsweise jenes Tones die richtige ist, der letztere *fortwährend im Sinken* begriffen seyn *müsse*, ergiebt sich leicht bei etwas genauerer Betrachtung der Fig. 2, Taf. VI. Setzt man den Abstand eg des Schiefsenden von der Brücke $= a$, und den Abstand fg des *Hörenden* $= b$; nimmt man ferner der Einfachheit wegen (wie ich in der Folge immer thun will) als *Maafseinheit*, nach welcher diese beiden Distanzen ausgedrückt sind, den Abstand hi oder ik je zweier benachbarten Stäbe selbst an, und zählt man die Stäbe des Gitters (wie in der Folge gleichfalls immer geschehen soll) in der Weise, dafs man den am Anfange der Reihe, bei g, stehenden den 0ten, den folgenden den 1ten u. s. w. nennt, so dafs man die Entfernung des »$n$ten« Stabes von g selbst $= n$ setzen kann: so ist, wenn z. B. i diesen $n$ten, und folglich h den $(n-1)$ten, k den $(n+1)$-

ten Stab vorstellt, die Entfernung $ei = \sqrt{a^2 + n^2}$, $ek = \sqrt{a^2 + (n+1)^2}$, $eh = \sqrt{a^2 + (n-1)^2}$, und ebenso $fi = \sqrt{b^2 + n^2}$, $fk = \sqrt{b^2 + (n+1)^2}$, $fh = \sqrt{b^2 + (n-1)^2}$.

Der Weg also, den der vom Stabe k aus reflectirte Schall vom Augenblicke des Schusses an bis zu seinem Hörbarwerden in f zurückzulegen hat, ist $ek + kf = \sqrt{a^2 + (n+1)^2} + \sqrt{b^2 + (n+1)^2}$; ebenso der Weg des bei i reflectirten: $ei + if = \sqrt{a^2 + n^2} + \sqrt{b^2 + n^2}$, und endlich der Weg des bei h reflectirten: $eh + hf = \sqrt{a^2 + (n-1)^2} + \sqrt{b^2 + (n-1)^2}$. Das *Zeitintervall*, um welches der in k reflectirte Schall *später* als der in i reflectirte zu dem Ohre gelangt, wird demnach bestimmt durch die Differenz der beiden ersten Wege, nämlich durch die Differenz:

$$[\sqrt{a^2 + (n+1)^2} + \sqrt{b^2 + (n+1)^2}] - [\sqrt{a^2 + n^2} + \sqrt{b^2 + n^2}],$$

die sich auch so schreiben läßt:

$$[\sqrt{a^2 + (n+1)^2} - \sqrt{a^2 + n^2}] + [\sqrt{b^2 + (n+1)^2} - \sqrt{b^2 + n^2}] \quad \ldots \quad (\alpha).$$

Das Zeitintervall dagegen, um welches der in i reflectirte Theil der Welle später als der in h reflectirte vernommen wird, bestimmt sich durch die Differenz:

$$[\sqrt{a^2 + n^2} + \sqrt{b^2 + n^2}] - [\sqrt{a^2 + (n-1)^2} + \sqrt{b^2 + (n-1)^2}],$$

die sich auch so schreiben läßt:

$$[\sqrt{a^2 + n^2} - \sqrt{a^2 + (n-1)^2}] + [\sqrt{b^2 + n^2} - \sqrt{b^2 + (n-1)^2}] \quad \ldots \quad (\beta).$$

Da nun die vom Schalle zurückgelegten Wege den dazu verwendeten Zeiten *proportional* sind, so würde der fragliche Ton nur dann ein Ton von constanter Höhe seyn können, wenn die beiden genannten Wegdifferenzen (α und β) *einander gleich* wären. Dieses sind sie aber offenbar nicht. Vielmehr ist ohne Zweifel die erstere (α) *größer* als die zweite (β), was sich leicht ergiebt, wenn man

die beiden Glieder, aus welchen diese Differenzen bestehen, *einzeln* betrachtet und vergleicht.

Schreibt man nämlich, der Kürze wegen,

$$\sqrt{u} \text{ statt } \sqrt{a^2+(n+1)^2}$$
$$\sqrt{v} \text{ statt } \sqrt{a^2+n^2}$$
$$\sqrt{w} \text{ statt } \sqrt{a^2+(n-1)^2}$$

und ebenso:

$$\sqrt{u'} \text{ statt } \sqrt{b^2+(n+1)^2}$$
$$\sqrt{v'} \text{ statt } \sqrt{b^2+n^2}$$
$$\sqrt{w'} \text{ statt } \sqrt{b^2+(n-1)^2},$$

so mufs $(\sqrt{u}-\sqrt{v})+(\sqrt{u'}-\sqrt{v'})>(\sqrt{v}-\sqrt{w})+(\sqrt{v'}-\sqrt{w'})$ seyn, weil nämlich *die beiden Glieder* des ersten Ausdrucks, $(\sqrt{u}-\sqrt{v})$ und $(\sqrt{u'}-\sqrt{v'})$, einzeln betrachtet, *gröfser sind*, als die entsprechenden Glieder des zweiten, $(\sqrt{v}-\sqrt{w})$ und $(\sqrt{v'}-\sqrt{w'})$; d. h. weil

$$(\sqrt{u}-\sqrt{v})>(\sqrt{v}-\sqrt{w}),$$

und ebenso

$$(\sqrt{u'}-\sqrt{v'})>(\sqrt{v'}-\sqrt{w'}),$$

zwei Ungleichungen, deren Richtigkeit leicht nachzuweisen ist [1]).

1) Soll nämlich

$$\sqrt{u}-\sqrt{v}>\sqrt{v}-\sqrt{w}$$

oder

$$\sqrt{u}+\sqrt{w}>2\sqrt{v}$$

seyn, so braucht nur (quadrirt)

$$u+w+2\sqrt{uw}>4v$$

zu seyn, oder, wenn man für die rationalen Glieder ihre ursprünglichen Werthe wieder einsetzt:

$$2(a^2+n^2+1+\sqrt{uw})>4(a^2+n^2),$$

oder

$$a^2+n^2+1+\sqrt{uw}>2(a^2+n^2),$$

oder

$$\sqrt{uw}>(a^2+n^2)-1;$$

folglich

$$uw>[(a^2+n^2)-1]^2,$$

oder

$$[a^2+(n+1)^2].[a^2+(n+1)^2]>(a^2+n^2)^2-2(a^2+n^2)+1,$$

oder, wenn man die Klammern beseitigt und die beiderseits übereinstimmenden Glieder streicht:

$$2a^2>-2a^2;$$

woraus sich ergiebt, dafs auch zu Anfange der links stehende Ausdruck den gröfseren Werth hatte.

Nehmen wir beispielsweise $gh = 20$, also $gi = 21$, $gk = 22$, und den Abstand ge (in derselben Einheit gemessen) $= 50$ an, so ist in der That

$$(\sqrt{50^2+22^2} - \sqrt{50^2+21^2}) > (\sqrt{50^2+21^2} - \sqrt{50^2+20^2})$$

oder $(\sqrt{2984} - \sqrt{2941}) > (\sqrt{2941} - \sqrt{2900})$; nämlich:

$$\sqrt{2984} = 54{,}62600$$
$$\sqrt{2941} = 54{,}23098$$

also die erste Differenz $= 0{,}39602$,
und ferner:

$$\sqrt{2941} = 54{,}23098$$
$$\sqrt{2900} = 53{,}85165$$

also die zweite Differenz $= 0{,}37933$,
und demnach die erste Differenz die *gröfsere*, oder $ek - ei > ei - eh$; — ganz dasselbe würde sich auch für die Abstände von f ergeben, nämlich $fk - fi > fi - fh$. Die Wegdifferenzen des Schalles (sowohl im Hinwege von e nach dem Gitter, als im Rückwege von da nach f) sind also beim 21sten und 22sten Stabe des Gitters *gröfser*, als beim 20sten und 21sten.

Uebrigens ist es auch ein auf elementar-geometrischem Wege leicht zu erweisender Satz, dafs *zwei Seiten eines Dreiecks zusammen stets gröfser sind, als das Doppelte der nach der Mitte der dritten Seite gezogenen Transversalen*, (dafs z. B. in Fig. 3 Taf. VI $ab + bc > 2bd$; — denn denkt man sich z. B. bd um seine eigene Länge nach e verlängert, so wird $abce$ ein Parallelogramm, und $ec + bc$, welches $= ab + bc$, $> be$, oder $> 2bd$). Wenden wir diesen einfachen Satz auf das Dreieck keh in voriger Figur an, so haben wir

$$ek + eh > ei + ei,$$

oder

$$ek + ei > ei - eh,$$

d. h. die *Differenz der Wege* von e nach irgend zwei benachbarten Stäben des Gitters wird bei jedem *folgenden* Paare *gröfser*, als beim vorhergegangenen. Nun sind diefs freilich zunächst nur *die* Wege, die der Schall von seiner Entstehung in e bis zu seiner Reflexion an den Stäben des

Gitters zurückzulegen hat. *Dasselbe* Gesetz gilt aber, begreiflicher Weise, auch für die *Rückwege* des Schalls *hf*, *if*, *hf*: auch bei *diesen* werden also die Differenzen je zweier aufeinander folgenden stets gröfser und gröfser mit der wachsenden Entfernung der Stäbe vom Anfange *g* des Gitters. Da es nun aber nur die Summen dieser zusammengehörigen Wegdifferenzen sind, welche das Zeitintervall zwischen zwei benachbarten Schallreflexen bestimmen, so ist auch damit *erwiesen*, dafs der in *f* hörbar werdende Ton während seiner *ganzen* Dauer ununterbrochen *tiefer und tiefer werden mufs*, — wie diefs denn auch die geschilderte Beobachtung bestätigt hatte.

§. 3. Hieran knüpft sich nun sogleich noch eine weitere Folgerung in Bezug auf die Höhe des fraglichen Tones im Allgemeinen. Da nämlich für eine noch so grofse Entfernung *gk* des Stabes *k* vom Anfange des Gitters die Differenz $ek - ei$ (nach einer bekannten Eigenschaft des Dreiecks) *stets kleiner* ist, als die dritte Seite *ik*, d. h. in unserem Falle (der gemachten Voraussetzung gemäfs) < 1, und ganz dasselbe auch von der Differenz des *Rückweges* $(fk - fi)$ gilt, so wird die *Summe* beider Differenzen *stets* < 2 bleiben müssen: sie wird, trotz ihres ununterbrochenen Zunehmens, *die Zahl* 2 *nie erreichen* können, d. h. der in *f* vernommene Ton wird, trotz seines fortwährenden Sinkens, *nie unter eine gewisse Gränze* hinabsinken können. Und diese Gränze ist nach dem Gesagten leicht zu bestimmen. Da nämlich das Zeitintervall zweier benachbarten, im Punkte *f* zum Ohre dringenden Stöfse oder Schallwellen nichts Anderes ist, als diejenige Zeitdauer, welche der Schall bei seiner Fortpflanzung in der Luft bedarf, um die beschriebene Wegdifferenz [nämlich $(ek + kf) - (ei + if)$, oder, was dasselbe ist, $(ek - ei) + (kf - if)$] zurückz[illegible] und da diese Wegdifferenz, wie so eben gezeig[illegible] kleiner ist, als der *doppelte Abstand* je zwei[illegible] Stäbe: so ergiebt sich von selbst, dafs das Z[illegible] schen zwei benachbarten Stöfsen, oder di[illegible] *dauer* des in *f* vernommenen Tones *stets* [illegible]

die Zeit, *welche der Schall gebrauchen würde, um diesen doppelten Abstand zweier Stäbe zurückzulegen*; — oder, was wiederum auf dasselbe hinausläuft: *die Wellenlänge des Reflexionstones bleibt stets kleiner als der doppelte Abstand zweier Stäbe.*

Wenden wir diefs neue Gesetz auf unseren vorliegenden Fall an, so beträgt, wie oben erwähnt, bei der Frankfurter Eisenbahnbrücke der Abstand der Stäbe des Gitters nur 6,3636... Zoll, demnach der doppelte Abstand 12,7272... Zoll, und Letzteres wäre also zugleich das fragliche *Maximum* der Wellenlänge des in *f* vernommenen Tons. Nimmt man diese Länge beiläufig = 1 Pariser Fufs an, (was ungefähr stimmen wird, da unser hiesiges Werkmaafs etwas kleiner ist, als das Pariser), so wäre diefs ein Ton von 1024 Schwingungen in der Sekunde, also ungefähr das *zweigestrichene C*, welches im Violinschlüssel durch die im dritten Zwischenraume stehende Note bezeichnet wird. Da diefs aber nur die *untere Gränze* ist, die der fragliche Ton *nie erreichen* und der er überhaupt nur an seinem *Ende* und nur bei *sehr grofser* Anzahl der Stäbe *nahe kommen* kann: so erklärt sich daraus aufs Befriedigendste die bei der ursprünglichen Beobachtung wahrgenommene *aufserordentliche Höhe dieser Reflexionstöne,* so dafs diefs Factum selbst bereits der aufgestellten Theorie in gewissem Grade zur Bestätigung dienen kann.

Es läfst sich dasselbe demnach (für den vorliegenden Fall) kurz so aussprechen: Der vernommene Ton mufs auch mit seinem *tiefsten Ende* stets innerhalb (oder oberhalb) der *zweigestrichenen Octave* bleiben; — ein Umstand, der, wo möglich, durch wiederholte Beobachtungen zu verificiren war. (Natürlich könnte man, bei Anwendung eines *minder dichten Gitters*, auch beliebige *tiefere* Töne auf gleiche Weise hervorbringen).

§. 4. Was ferner die *Dauer* des besprochenen Tones betrifft, so läfst sich diese nach der aufgestellten Theorie nun gleichfalls einigermafsen beurtheilen. Da nämlich die Dauer *einer Schwingung* stets kleiner ist, als das Zeitintervall,

vall, welches der Schall gebraucht, um den doppelten Abstand zweier benachbarten Stäbe zurückzulegen, — welches Zeitintervall z. B. t Sekunden betragen möge; — und da ferner die *Anzahl* der Schwingungen der der Gitterstäbe entspricht, die wir n nennen wollen: so ergiebt sich für die Dauer des Tones selbst eine Gröfse, welche *jedenfalls* $< nt$ ist. In unserem Falle nun, wo, wie oben gesagt, die Schwingungsdauer t *höchstens* $\frac{1}{1024}$ Sekunde, und die Zahl n der Gitterstäbe etwa 1200 betrug, ergiebt sich hieraus eine Dauer des Tones von weniger als $\frac{1200}{1024}$ oder etwa 1,2 *Sekunden.* Es stimmt auch diefs hinlänglich genau mit der oben mitgetheilten ursprünglichen Beobachtung überein.

§. 5. Endlich erklärt sich auch noch eine andere Eigenschaft des wahrgenommenen Tones jetzt sehr einfach: Das oben beschriebene rasche Abnehmen seiner *Stärke*, jenes deutliche Decrescendo, welches ohne Zweifel auch einen Beitrag zu dem geschilderten eigenthümlichen Gepräge des Articulirten liefert, das den Ton charakterisirt.

Die Stärke oder Intensität eines Tones nämlich hängt ja, bei sonst ganz gleicher Entstehungsweise, nur von dem Grade der *Ausbreitung* ab, den die erzeugende Welle bis zum Ohre des Hörers erreicht hat, d. h. sie ist proportional dem Quadrate des Abstandes dieses Ohres vom Wellencentrum. Da nun aber im vorliegenden Falle einerseits die reflectirenden Gitterstäbe selbst nur von einem *sehr kleinen*, und die entfernteren von einem stets *kleineren* Theile der primitiven, einfachen Welle getroffen werden, und da sie zugleich *andererseits* die vom Punkte f *ungleich entfernten*, und für jeden folgenden Stofs stets *entfernteren Wellencentra* bilden, von denen diese reflectirten, schon an sich so sehr geschwächten Wellen ausgehen: so wird hieraus gleichzeitig sowohl die an sich so *unbedeutende Stärke* des Tones überhaupt, als auch das stete, verhältnifsmäfsig rasche *Abnehmen* dieser Stärke vollkommen begreiflich und sonach auch in diesem Punkte die versuchte Theorie den Beobachtungen entsprechend erscheinen.

Das mathematische Gesetz dieser Abnahme würde vielleicht nicht schwer zu entwickeln, aber freilich, beim Mangel eines geeigneten *Schallstärkemessers* (namentlich für die kurze Dauer einer Sekunde), wohl schwerlich durch den Versuch nachzuweisen seyn.

§. 6. Es war nun ferner bereits zu Anfang, bei der Schilderung des fraglichen Phänomens, die freilich nur ganz allgemein gehaltene Beobachtung erwähnt worden, dafs der vernommene Ton *nicht immer derselbe*, d. h. dafs er bei verschiedenen Schüssen *nicht von gleicher Höhe* gewesen, — und es läfst sich diefs, wenn anders die versuchte Erklärung ihre Richtigkeit hat, auch zum Voraus nicht anders erwarten. Es mufs nämlich dann offenbar die Stellung des Hörenden sowohl wie des Schiefsenden, gegen das reflectirende Gitter, und namentlich die *Entfernung* Beider von demselben, verglichen mit dem Abstande der Stäbe, auf die Höhe des entstehenden Tones von Einflufs seyn. Da überdiefs der ursprüngliche, den Ton veranlassende Knall (des Schusses), als ein *einfacher*, nicht aus einer regelmäfsig verlaufenden *Wellenfolge* zusammengesetzter Schall, eigentlich *gar keine* Tonhöhe hat: so wird die Ursache der wahrgenommenen *Verschiedenheit* der Töne sogar in dem genannten Umstande *allein* zu suchen seyn.

Untersuchen wir daher zunächst einmal die *einfachsten* der hierbei möglichen Fälle etwas näher.

Vergleicht man z. B. zunächst *den* Fall, wo der Hörende *und* der Schiefsende beide in *gleicher Entfernung* a vom Anfange der Brücke stehen, mit demjenigen, wo zwar der *Schufs* in der Entfernung a erfolgt, der Hörer aber *am Anfange der Brücke selbst*, im Punkte g (Fig. 4, Taf. VI) sich befindet: so ist die Linie eg (wenn wir den Schiefsenden in e annehmen) $= a$, und hg (wenn h den zunächst auf g folgenden Stab des Gitters vorstellt) $= 1$; — unter der schon oben gemachten Voraussetzung nämlich, dafs wir uns die Entfernung eg durch den Abstand der Stäbe als Längeneinheit gemessen denken. Für den in e, bei dem Schützen, stehenden Hörer wird sonach der *erste* vernom-

mene Stofs den Weg $eg + ge$, der *zweite* den Weg $eh + he$ zurückzulegen haben, und es wird also die *Wegdifferenz* der beiden ersten Stöfse $= 2eh - 2eg = 2(eh - eg) = 2(\sqrt{a^2 + 1} - a)$ seyn, und diese Wegdifferenz bestimmt die anfängliche Wellenlänge (und somit auch die anfängliche Höhe) des vernommenen Tones. Steht dagegen der Hörer in g, während der Schiefsende in e bleibt, so hat der erste von Jenem vernommene Stofs blofs den Weg eg, der zweite den Weg $eh + hg$ zu machen, und die entsprechende Wegdifferenz ist also $= (eh + hg) - eg = \sqrt{a^2 + 1} + 1 - a$, oder $= (\sqrt{a^2 + 1} - a) + 1$. Vergleichen wir beide Wegdifferenzen mit einander, so ist bekanntlich im Allgemeinen (d. h. mit Ausnahme des hier nicht zulässigen Werthes $a = o$) $\sqrt{a^2 + 1} < a + 1$, demnach auch $\sqrt{a^2 + 1} - a < 1$, und folglich

$$2(\sqrt{a^2 + 1} - a) < (\sqrt{a^2 + 1} - a) + 1,$$

(welches ja die beiden gefundenen Wegdifferenzen waren), d. h.: Es ist für den Anfang des Tones *dessen Wellenlänge kleiner*, wenn der Hörende in e beim Schiefsenden, als wenn er in g beim Anfange des Gitters steht: der Ton *wird im ersten Falle höher beginnen müssen, als im letzteren*, — was zwar bei der beschriebenen ersten Wahrnehmung des Phänomens nicht beachtet, aber bei den unten zu besprechenden späteren *verificirt ward.*

Dasselbe Resultat liefert übrigens auch schon die einfache Betrachtung der Fig. 4, Taf. VI. Denn da, wie in jedem Dreiecke, $eh - eg < gh$, d. h. in unserem Falle < 1 ist, so wird auch $2(eh - eg) < (eh - eg) + 1$, d. h. $< (eh + hg) - eg$ seyn müssen: die Wegdifferenz der beiden ersten Stöfse wird also im *ersten* Falle, wo der Hörer beim Schiefsenden in e steht, die *kleinere*, und somit die Tonhöhe die *gröfsere* seyn.

§. 7. Denken wir uns nun ferner, dafs der Hörer, während der Schiefsende beständig von e aus abfeuert, allmählich von e bis g spaziere, so wird sich schon zum Voraus erwarten lassen, dafs der zu Anfange von [illegible] nommene

höhere Ton nicht irgendwo auf seinem Wege *plötzlich* in den zuletzt vernommenen tieferen übergehen, sondern dafs dieser Uebergang ein stetiger, ein allmählicher seyn werde, — und diefs bestätigt auch die genauere Betrachtung der Sache. Denn wäre z. B. der von e nach g wandernde Hörer in irgend einem zwischenliegenden Punkte f (Fig. 5, Taf. VI) seines Weges angelangt, so beträgt für ihn *nunmehr* die fragliche Wegdifferenz der beiden ersten Stöfse $(eh + hf) - (eg + gf)$, oder, wie man auch schreiben kann, $(eh - eg) + (hf - gf)$, d. h. wenn man die Entfernung $gf = b$ setzt:

$$(\sqrt{a^2 + 1} - a) + (\sqrt{b^2 + 1} - b).$$

Nun wird aber bekanntermafsen die Differenz $\sqrt{a^2 + 1} - a$ desto unbedeutender, je gröfser a ist [1]). Es wird also hier, wo $b < a$ ist, ohne Zweifel $(\sqrt{b^2 + 1} - b) > (\sqrt{a^2 + 1} - a)$ seyn, *jeder* von beiden Ausdrücken aber (wie schon in §. 6 erwähnt worden) < 1. Wir haben also, wenn der Schufs in e stattfindet, für die anfängliche Wellenlänge des entstehenden Reflexionstones, wie dieser

1) in e gehört wird . . . $(\sqrt{a^2 + 1} - a) + (\sqrt{a^2 + 1} - a)$,
2) in f » » . . . $(\sqrt{a^2 + 1} - a) + (\sqrt{b^2 + 1} - b)$,
3) in g » » . . . $(\sqrt{a^2 + 1} - a) + 1$

Da aber die je *ersten* Glieder dieser drei Ausdrücke gleich sind, und die je zweiten in der gegebenen Reihenfolge *gröfser* werden: so ergiebt sich hieraus mit Nothwendigkeit, dafs für den von g nach e wandernden Hörer der Anfang des vernommenen Tones desto *tiefer* ausfallen müsse, je weiter Jener sich von e entfernt und dem Punkte g genähert haben wird.

Wir haben also hiernach das neue Gesetz: Die (anfängliche) *Höhe des Reflexionstones nimmt*, bei gleicher Entfernung des Schusses von dem Gitter, *mit der wachsenden Entfernung des Hörers* von demselben *zu*; was gleichfalls durch die später zu erwähnenden Versuche bestätigt ward.

1) So beträgt z. B. $\sqrt{4 + 1} - 2$ noch 0,236; $\sqrt{9 + 1} - 3$ nur 0,162; $\sqrt{25 + 1} - 5$ nur 0,099; und $\sqrt{900 + 1} - 30$ nur noch 0,016 u. s. w.



Wer die rein geometrische Betrachtung vorzieht, kann übrigens auch hier dasselbe Ergebnifs bei einem Rückblicke auf unsere vorige Figur (5) aus dieser ableiten. Denn da einerseits $hf < hg + gf$, oder $hf - gf < hg$, so ist auch $(eh - eg) + (hf - gf) < (eh - eg) + hg$, oder, wie man dafür ebenso gut schreiben kann: $(eh + hf) - (eg + gf) < (eh + hg) - eg$. *Ersteres* aber, nämlich $(eh + hf) - (eg + gf)$, ist die anfängliche Wellenlänge des in f vernommenen, — und *Letzteres*, nämlich $(eh + hg) - eg$, ist die des in g hörbar werdenden Tones: *die Wellenlänge des letzteren ist also die gröfsere*, d. h. der Ton selbst der *tiefere*.

Ebenso ist andererseits $eh < hf + ef$, oder $eh - ef < hf$, und folglich auch $eh - ef - gf < hf - gf$, oder $eh - eg < hf - gf$, und demnach auch $2(eh - eg) < (eh - eg) + (hf - gf)$, oder, wie man ebenso gut schreiben kann: $2(eh - eg) < (eh + hf) - (eg + gf)$. *Ersteres* aber, nämlich $2(eh - eg)$, ist offenbar die anfängliche Wellenlänge des in e vernommenen, — und *Letzteres*, nämlich $(eh + hf) - (eg + ef)$, die Wellenlänge des in f hörbar werdenden Tones: *die des letzteren ist somit die gröfsere*, d. h. der Ton selbst der *tiefere*.

Auf ähnliche Weise läfst sich leicht für jeden *zwischen* e und f liegenden Punkt zeigen, dafs der daselbst vernehmbare Ton *tiefer* als der in e, aber *höher* als der in f gehörte seyn müsse, dafs überhaupt die Tonhöhe, für den von e nach g wandernden Hörer, *nach einem stetigen Gesetze abnimmt*.

§. 8. Wir haben uns bei Erörterung der Frage, welchen Einflufs die Stellung des Hörenden, d. h. seine Entfernung vom Gitter, auf die Höhe des in sein Ohr dringenden Reflexionstones übe, bisher auf die Betrachtung des *Anfangs* dieses Tones beschränkt. Da aber, wie oben gezeigt, die Höhe desselben *während* seines Tönens wechselt, so wird es sich nun zunächst fragen, ob ein ähnliches Gesetz auch für die im *Verlaufe* des Tones hervortretenden Wellenlängen, z. B. für das *Ende* desselben gilt.

Vergleichen wir auch hier zunächst, für eine unveränderliche Entfernung ($eg = a$) des *Schiefsenden* von der Brücke, die beiden Fälle miteinander, wo der Hörer gleichfalls in e, und wo er in g (beim Anfange des Gitters) steht.

Nehmen wir an, der Stab i des Gitters (in Fig. 6, Taf. VI) sey der $n$te (nach der oben vorausgesetzten Zählungsweise), und k der $(n+1)$te, so wird, für den ersten der genannten Fälle, die Wegdifferenz der beiden letzten von den Stäben i und k herrührenden Stöfse $= 2ek - 2ei$ oder $2(ek - ei) = 2[\sqrt{a^2 + (n+1)^2} - \sqrt{a^2 + n^2}]$ seyn.

Für den zweiten Fall dagegen, wo zwar der Schiefsende noch in e, der Hörer aber in g steht, wird für dessen Ohr die Wegdifferenz der beiden letzten Stöfse $= (ek + kg) - (ei + ig) = (ek + ki + ig) - (ei + ig) = (ek + ki) - ei$ seyn, das ist $= [\sqrt{a^2 + (n+1)^2} + 1] - \sqrt{a^2 + n^2}$ oder $[\sqrt{a^2 + (n+1)^2} - \sqrt{a^2 + n^2}] + 1$. *Vergleicht man* diese beiden Wellenlängen miteinander, nämlich $2[\sqrt{a^2 + (n+1)^2} - \sqrt{a^2 + n^2}]$ und $[\sqrt{a^2 + (n+1)^2} - \sqrt{a^2 + n^2}] + 1$, so ergiebt sich leicht, dafs letztere die *gröfsere*, d. h. dafs der Ton in g der *tiefere* ist, weil nämlich offenbar die Zahl 1 gröfser ist, als $\sqrt{a^2 + (n+1)^2} - \sqrt{a^2 + n^2}$, und folglich auch noch, wenn man beide Gröfsen um die letztgenannte *vermehrt*, die erste Summe gröfser bleiben wird, als die letzte [1]).

1) Dafs wirklich $1 > \sqrt{a^2 + (n+1)^2} - \sqrt{a^2 + n^2}$ ist, beweist sich leicht. Damit nämlich diese Ungleichheit stattfinde, mufs, wenn man der Kürze wegen statt des letzteren Ausdrucks wieder $\sqrt{u} - \sqrt{v}$ schreibt, und beiderseits quadrirt, $1 > u + v - 2\sqrt{uv}$ seyn, oder

$$2\sqrt{uv} > (u + v) - 1,$$

oder

$$4uv > (u + v)^2 - 2(u + v) + 1,$$

oder

$$2(u + v) > (u - v)^2 + 1.$$

Diese letztere Ungleichheit findet aber in der That statt. Denn da

$$u = a^2 + (n+1)^2 = a^2 + n^2 + 2n + 1$$

und

$$v = a^2 + n^2,$$

also

$$u + v = 2a^2 + 2n^2 + 2n + 1$$

Uebrigens ergiebt sich dieselbe Ungleichheit auch ohne Rechnung schon aus der Betrachtung der Figur. Denn da $ek < ki + ei$, oder $ek - ei < ki$, oder $ek - ei < kg - ig$ ist, so wird auch $2(ek - ei) < (ek - ei) + (kg - ig)$, oder, wie man auch schreiben kann, $2(ek - ei) < (ek + kg) - (ei + ig)$ seyn. Ersteres ist aber die Wellenlänge des in e, — Letzteres die des in g hörbar werdenden Tones. Die letztere wird also die *gröfsere*, d. h. der am Anfange des Gitters selbst (in g) vernommene Ton wird auch hier der *tiefere* seyn.

Es ergiebt sich sonach das Gesetz, dafs auf das *Ende des Tones* (falls man den Stab k als den letzten des Gitters betrachtet), *von g aus gehört, tiefer klingen wird,* als von e aus.

§. 9. Gehen wir jetzt (auch für das Ende des Tones, wie in §. 7 für dessen Anfang) zur Vergleichung des *mittleren* Falles über, wo der Hörer sich weder in e beim Schiefsenden, noch in g beim Anfange des Gitters, sondern in einem dazwischen liegenden Punkte f befindet (Fig. 7, Taf. VI), so wird sich auch hier die nahe liegende Erwartung rechtfertigen, dafs der vernommene Ton seiner Höhe nach gleichfalls *zwischen* den in e und g gehörten liegen werde.

Setzen wir nämlich auch hier, wie oben, die Entfernungen $eg = a$ und $fg = b$, so ist der Weg des vorletzten oder $n$ten Stofses bis zum Ohre $= ei + if$, und der des letzten oder $(n+1)$ten $= ek + kf$, demnach die Differenz Beider $= (ek + kf) - (ei + if)$, oder, was dasselbe ist, $= (ek - ei) + (kf - if)$, d. i.:

und
$$u - v = 2n + 1$$
ist, so wird der zur Linken stehende Ausdruck
$$2(u + v) = 4a^2 + 4n^2 + 4n + 2,$$
und der rechts stehende
$$(u - v)^2 + 1 = \qquad 4n^2 + 4n + 2,$$
demnach der erstere *um $4a^2$ gröfser*, womit die oben behauptete Ungleichheit (mit Ausschlufs des einzigen, hier unzulässigen Werthes von $a = 0$) erwiesen ist.



$$[\sqrt{a^2+(n+1)^2}-\sqrt{a^2+n^2}]+[\sqrt{b^2+(n+1)^2}-\sqrt{b^2+n^2}].$$

Diefs wäre sonach die Wellenlänge, welche dem in f hörbar werdenden Tone an seinem *Ende* (falls nämlich der Stab k der letzte ist) zukommt. — Für den in e vernommenen dagegen hatten wir in §. 8 gefunden:

$$2[\sqrt{a^2+(n+1)^2}-\sqrt{a^2+n^2}],$$

und für den in g vernommenen:

$$[\sqrt{a^2+(n+1)^2}-\sqrt{a^2+n^2}]+1.$$

Vergleichen wir diese drei Wellenlängen mit einander, so zeigt sich auf ganz ähnliche Weise, wie oben, dafs $\sqrt{a^2+(n+1)^2}-\sqrt{a^2+n^2}$ *desto kleiner wird*, je gröfser a ist [1]), dafs also, da $b<a$ ist, auch $[\sqrt{a^2+(n+1)^2}-\sqrt{a^2+n^2}]+[\sqrt{b^2+(n+1)^2}-\sqrt{b^2+n^2}]$ *gröfser* seyn mufs, als $2[\sqrt{a^2+(n+1)^2}-\sqrt{a^2+n^2}]$, dagegen jedenfalls *kleiner* als $[\sqrt{a^2+(n+1)^2}-\sqrt{a^2+n^2}]+1$.

Die Wellenlänge des in f vernommenen Tones wird also (auch am Ende desselben) ihrer Gröfse nach in der That *zwischen* den Wellenlängen des in e und des in g gehörten liegen, d. h.: der Ton wird *tiefer* seyn, als der in e, aber *höher*, als der in g vernommene; ganz wie wir diefs auch für den Anfang des Tones gefunden.

Auf das nämliche Ergebnifs führt übrigens auch hier schon die blofse geometrische Betrachtung unserer Figur. Da nämlich einerseits, nach einem bekannten elementaren Satze, die beiden Diagonalen eines Vierecks zusammen stets gröfser sind, als je zwei gegenüberliegende Seiten desselben, so wird $(kf+ei)>(ek+if)$, folglich auch

1) So ist z. B. $\sqrt{5^2+10^2}-\sqrt{5^2+9^2}=\sqrt{125}-\sqrt{106}=11{,}18034-10{,}29563=0{,}88471$; dagegen $\sqrt{6^2+10^2}-\sqrt{6^2+9^2}=\sqrt{136}-\sqrt{117}=11{,}66190-10{,}81665=0{,}84525$; ferner $\sqrt{10^2+10^2}-\sqrt{10^2+9^2}=\sqrt{200}-\sqrt{181}=14{,}14214-13{,}45362=0{,}68852$; desgleichen $\sqrt{20^2+10^2}-\sqrt{20^2+9^2}=\sqrt{500}-\sqrt{481}=22{,}36068-21{,}93171=0{,}42897$, u. s. w.; also jede folgende dieser Differenzen kleiner, als die zunächst vorhergegangene.

$(kf-if)>(ek-ei)$, und also auch $(ek-ei)+(kf-if) > 2(ek-ei)$ seyn: d. h. die Wegdifferenz der beiden letzten in f vernommenen Stöfse wird gröfser seyn, als die der in e vernommenen, oder: der in f gehörte Ton wird der *tiefere* seyn. — Und da ferner, andererseits, $(kf-if)<ki$, oder $<(kg-ig$, demnach auch $(ek-ei) + (kf-if) < ek-ei) + (kg-ig)$ ist, Letzteres aber die Wellenlänge des in g, und Ersteres die des in f vernehmbaren Tones bezeichnet: so wird dieser der *höhere* seyn. Er wird also (auch an seinem Ende) *zwischen* dem in e und dem in g gehörten liegen.

Der ganze Gang dieser Untersuchung zeigt übrigens, ohne dafs wir in weiteres Detail einzugehen brauchten, augenscheinlich, dafs mit dem Näherrücken des Punktes f nach g hin die fragliche Wellenlänge stets *gröfser* werden, — d. h. dafs für das Ohr des von e nach g hin wandernden Hörers auch das Ende des Tones *stets tiefer und tiefer* klingen wird; eine Thatsache, die gleichfalls, wo möglich, durch den Versuch zu bestätigen war.

§. 10. Wir hatten im Laufe der letzteren Erörterungen stets angenommen, dafs der in k stehende, $(n+1)$te Stab (Fig. 6 und 7 Taf. VI) der *letzte* des Gitters sey. Doch war von dieser Annahme nirgends ein das Endergebnifs bedingender Gebrauch gemacht worden. *Alle* gezogenen Schlufsfolgerungen gelten demnach auch dann noch, wenn der Stab k *nicht* der letzte, sondern nur in den verglichenen Fällen der gleichvielte, $(n+1$te$)$ ist, und wir können somit das gefundene Resultat unbedenklich auf die *ganze Dauer* des Reflexionstones *ausdehnen*. Dieser Ton wird also *nach seiner ganzen Dauer* desto *tiefer* klingen, je weiter sich der Hörer in der Richtung eg unserer Figuren vom Standpunkte des Schützen entfernt und dem Anfange des Gitters nähert. Genauer noch läfst sich diefs Gesetz, mit Rücksicht auf die *veränderliche* Höhe jedes einzelnen Tones, folgendermafsen ausdrücken. Verstehen wir nämlich unter den »*entsprechenden Stellen*« zweier solchen T[illegible]gen einzelnen Stöfse oder Wellen, welche

in beiden *durch denselben Stab des Gitters* hervorgebracht werden, so läfst sich das gefundene Gesetz bestimmter *so* formuliren: dafs der vernommene Reflexionston *an allen entsprechenden Stellen* desto *tiefer* ausfallen müsse, *je näher*, unter übrigens gleichen Umständen, *der Hörer dem reflectirenden Gitter kommt*. (Diese letztere Formulirung schliefst nämlich nicht aus, dafs *irgend ein Theil* des in gröfserer Nähe beim Gitter vernehmbaren Tones dennoch *höher* seyn könne, als *irgend ein*, nicht entsprechender Theil des in gröfserer Ferne gehörten, — was auch in der That recht wohl möglich ist. Eine andere Frage würde aber freilich die seyn, ob jene »*entsprechenden Stellen*« zweier verglichenen Töne auch diejenigen Stellen seyen, die vom *Beginn* des Tones an um gleiche Zeitintervalle entfernt liegen; — eine Frage, die, wie sich jetzt schon errathen läfst, zu *verneinen* seyn wird.)

§. 11. Ein ganz ähnliches Gesetz, wie für die *Höhe* der fraglichen Töne, — eine ähnliche Abhängigkeit derselben nämlich von dem Abstande des Hörers vom Gitter —, ergiebt sich (wie wir hier sogleich einschalten wollen) auch für die *Dauer* dieser Töne. Da nämlich diese Dauer offenbar eingeschlossen ist zwischen dem Hörbarwerden des *ersten* und des *letzten* Echo's oder reflectirten Stofses, so wird dieselbe folgendermafsen zu bestimmen seyn.

Bezeichnen wir wiederum mit e (Fig. 8) den Punkt, von welchem der ursprüngliche Schall ausgeht, so erfolgt für den gleichfalls in e stehenden Hörer der *erste* vernehmbare Stofs, nachdem der Schall den Weg $eg + ge$, — und der *letzte*, nachdem er den Weg $ek + ke$ zurückgelegt hat; d. h. beide Stöfse werden für das in e befindliche Ohr um so viel Zeiteinheiten auseinander liegen, als der Schall bei seiner regelmäfsigen Fortpflanzung in der Luft gebraucht, um die *Differenz der beiden genannten Wege*, die Differenz $2ek - eg$ nämlich, zurückzulegen.

Befindet sich dagegen der Hörer *nicht* in e beim Schützen, sondern z. B. in f, so hat der *erste* hier vernehmbare Stofs den Weg $eg + gf$, der *letzte* den Weg $ek + kf$ zurück-

zulegen, und die Dauer des ganzen Tones wird sonach in ähnlicher Weise bestimmt werden durch die Wegdifferenz $(ek+kf)-(eg+gf)$, oder, was dasselbe ist, $(ek-ge)+(kf-gf)$.

Steht endlich der Hörer in g beim Anfange des Gitters, so hat der erste vernehmbare Stofs nur den Weg eg, der letzte aber den Weg $ek+kg$ zurückzulegen, und die Dauer des ganzen Tones bestimmt sich nunmehr durch die Differenz $(ek+kg)-ge$, oder, was dasselbe ist, $(ek-ge)+kg$.

Vergleichen wir nun diese drei Wegdifferenzen miteinander, nämlich für den Standpunkt:

e des Hörers . . . $(ek-ge)+(ek-ge)$,
f » » . . . $(ek-ge)+(kf-gf)$,
g » » . . . $(ek-ge)+kg$,

so hängt deren Gröfsenverhältnifs, weil das *erste Glied* in allen gemeinsam ist, nur vom *zweiten* Gliede ab, dessen Ungleichheit in die Augen fällt. Es ist nämlich offenbar $(ek-ge)<(kf-gf)<kg$; — d. h. die fraglichen Wegdifferenzen *nehmen zu*, je nachdem die Entfernungen eg, fg, . . . des Hörers von dem Gitter *kleiner* werden. Da aber diese Wegdifferenzen die *Dauer* des vernommenen Tones bestimmen, so gilt dasselbe *auch von der Letzteren.*

Fast noch einfacher ergiebt sich indessen *dasselbe Gesetz* als eine blofse Folgerung des vorigen. Da nämlich die *Tonhöhe*, sowohl am Anfange, als am Ende, und überhaupt an allen »entsprechenden Stellen« des Tones desto geringer, — oder, was dasselbe besagt, die *Wellenlänge* desto *gröfser* ausfällt, je mehr sich der Hörer dem Gitter nähert, und doch die *Anzahl* der Wellen oder einzelnen Stöfse in allen Fällen *dieselbe bleibt*, (weil ja an *jedem* der Gitterstäbe eine solche Welle entsteht): so wird die *Dauer* des Tones im Allgemeinen *der Wellenlänge proportional*, d. h. sie wird desto *gröfser* seyn müssen, je *tiefer* der Ton, — und folglich, *je geringer die Entfernung des Hörers von dem Gitter ist.* Auch diefs Gesetz wurde durch die sp[illegible] Versuche bestätigt.

§. 12. Kehren wir nun noch einmal zur Betrachtung der *Wellenlänge* oder resp. *Schwingungsgeschwindigkeit* der fraglichen Töne zurück, so lassen sich über dieselbe leicht noch ein paar weitere Gesetze ableiten. Wir haben bisher nur solche Fälle besprochen, in welchen der Abstand des Hörers von dem Gitter *kleiner*, oder wenigstens *nicht gröfser* war, als der des Schiefsenden. Betrachten wir nun auch den umgekehrten Fall.

Nehmen wir z. B. an, es bezeichne in Fig. 7 Taf. VI nicht mehr e, sondern f den Ursprung des Knalls, und der *Hörende* befinde sich dagegen in e. Es wird in diesem Falle der durch den Stab i hervorgerufene Schallreflex im Ganzen den Weg $fi+ie$, der beim folgenden Stabe k entstehende aber den (längeren) Weg $fk+ke$ zurückgelegt haben, sobald er im Ohre des Hörers anlangt. Die Differenz dieser Wege, welche auch hier die Wellenlänge des Tones an der betreffenden Stelle bezeichnet, wird also $=(fk+ke)-(fi+ie)$ seyn. Für den umgekehrten Fall aber, wo der *Schütze* in e und der *Hörer* in f stand, war diese Wegdifferenz oder Wellenlänge $=(ek+kf)-(ei+if)$. Da aber beides offenbar dasselbe ist, so ergiebt sich das einfache und wichtige (gleichfalls bereits durch den Versuch bestätigte) *Gesetz*: *die Tonhöhe bleibt ungeändert, wenn der Hörende und der Schiefsende ihre Plätze vertauschen.*

§. 13. Aus diesem Gesetze ergeben sich nun sofort noch einige wichtige Folgerungen.

Es war oben gezeigt worden, dafs, wenn anders unsere Theorie überhaupt richtig ist, für gleichbleibende Entfernungen des Schiefsenden vom Gitter, jede *Annäherung des Hörers* gegen dasselbe ein *Tieferwerden* des von ihm vernommenen Tones (während dessen ganzer Dauer) zur Folge haben müsse. Nach dem soeben gefundenen Gesetze von der *Vertauschung* beider Orte aber ergiebt sich daraus sofort der weitere Schlufs, dafs auch, *bei gleichbleibender Entfernung des Hörenden* von dem Gitter, *jede Annäherung des Schiefsenden gegen dasselbe von einem Sin-*

ken des Tones begleitet seyn mufs. (Auch hiermit zeigten sich die später angestellten Versuche übereinstimmend.)

§. 14. Hält man endlich die beiden letzteren Sätze zusammen, so folgt daraus von selbst das weitere Gesetz, dafs der vernommene Ton noch um so tiefer erklingen müsse, wenn der *Hörende und der Schiefsende* sich *gleichzeitig* dem Gitter nähern. Denn denkt man sich beide Veränderungen successiv vorgenommen, d. h. stand z. B. (in Fig. 6, Taf. VI) bei einem *ersten* Versuche der Schiefsende *und* der Hörer beisammen in *e*, und begiebt sich nun *Einer* von Beiden nach *f*, so wird schon diefs nach den angeführten Gesetzen ein Sinken des Tones zur Folge haben; — und schreitet nunmehr auch der *Andere* von *e* nach *f* vor, so wird der daselbst vernommene Ton *abermals* tiefer werden; — d. h. *die Tonhöhe mufs, wenn der Schiefsende mit dem Hörer in der Richtung eg fortschreitet, in noch rascherem Verhältnisse abnehmen,* als wenn nur Einer von Beiden sich dem Gitter nähert.

Dafs übrigens diese *gleichzeitige Abnahme* (der Tonhöhe und der Entfernung des Schützen oder Hörers vom Gitter) eine einfache *Proportionalität* sey, würde natürlich hier, wie allerwärts, ein sehr voreiliger Schlufs gewesen seyn.

§. 15. Um vielmehr das Abhängigkeitsgesetz dieser gleichzeitigen Abnahme nicht blofs im Allgemeinen beurtheilen, sondern auch, wo möglich, experimentell verfolgen zu können, versuchte ich, die nähere Untersuchung desselben sofort auf den vorliegenden concreten Fall, d. h. auf die gegebenen Dimensionen des Gitters an der beschriebenen Eisenbahnbrücke zu beziehen, beschränkte mich jedoch dabei, der Einfachheit wegen, vorerst auf den Anfang des Tones, welche Beschränkung um so zulässiger erschien, weil, wie bemerkt, die *Tonstärke* sofort von jenem Anfange an sehr rasch abnimmt.

Ich dachte mir zu dem Ende auf der Richtung *gk* des fraglichen Gitters (Fig. 9, Taf. VI) eine Senkrechte *gw* von unbestimmter Länge errichtet, welche die für die Beobachtungen bestimmte *Standlinie* vorstellt, und auf dieser

von g aus gleich grofse Strecken $ge = ev = vw \ldots$ abgeschnitten. Ich nahm ferner, um leicht ausführbare Messungen zu haben, jeden dieser Abschnitte gleich einer *der 9 Hauptabtheilungen des beschriebenen Brückengeländers*, d. h. $= 132$ Stabdistanzen, oder $= 70'$ hiesigen Maafses an, während h den »ersten« (auf g folgenden) Stab, also gh den Abstand je zweier benachbarten Stäbe vorstellte. Der Einfachheit wegen wurde auch hier der letztere Abstand (gh) als Einheit des Längenmaafses betrachtet, so dafs demgemäfs $ge = 132$, $gv = 2 \cdot 132 = 264$, $gw = 3 \cdot 132 = 396 \ldots$ gesetzt ward.

So lange es sich nun nicht um *absolute Tonhöhen*, sondern nur um Vergleichung derselben, d. h. um *Intervalle* handelt, (die ja überdiefs ohne Vergleich leichter zu verificiren sind, als jene), ergiebt sich noch eine weitere Vereinfachung dadurch, dafs man als *Zeiteinheit* nicht, wie bei sonstigen akustischen Untersuchungen, etwa die *Sekunde*, sondern geradehin dasjenige Zeitintervall annimmt, *welches der Schall bei normaler Fortpflanzung in der Luft gebraucht, um die angenommene Längeneinheit* (in unserem Falle den Abstand gh) *zurückzulegen.* Man hat dadurch den Vortheil, dafs man *dieselbe Zahl*, die irgend eine räumliche Länge bezeichnet, geradezu auch für die Zeitdauer gebrauchen kann, während welcher der Schall diese Länge zurücklegt; dafs also z. B. in unserem Falle jeder für die *räumliche Wellenlänge* eines Tones gefundene Ausdruck auch zugleich für dessen *Schwingungsdauer* gelten kann, (während die Reduction des Letzteren auf *Sekunden* u. s. w., wo sie erfordert werden sollte, keine Schwierigkeit hat).

Nennt man nun z. B., wie wir auch bisher gethan, den Abstand des Schiefsenden von der Eisenbahnbrücke a, (gemessen nach der erwähnten Längeneinheit gh), und ebenso den des [illegible]*örenden* b, so ist, wie schon oben gezeigt, die [illegible] also unter den gemachten Voraussetzungen [illegible]*ingungsdauer*) für den Anfang des Tones [illegible]ch die Formel:

$$[illegible] + 1 - a) + (\sqrt{b^2 + 1} - b),$$

wofür wir der Kürze wegen schreiben wollen: $x + y$. (Vergl. oben §. 7).

Zum Behufe einer vorläufigen Beurtheilung des Gesetzes, nach welchem der Ton mit der Zunahme von a oder b (oder von Beiden) höher wird, berechnete ich nun eine Anzahl von Werthen der Gröfsen x und y, und zwar ins Besondere (zum Zwecke einer experimentellen Controle derselben) für die einzelnen Abschnittspunkte $e, v, w, \ldots$ der Standlinie in Fig 9 Taf. VI. Bezeichne ich der Kürze wegen den Abstand ge $(= ev = vw \ldots)$ mit dem Buchstaben d, (so dafs $d = 132$), so wird z. B. für $a = d$, $x = \sqrt{132^2 + 1} - 132 = 0{,}0038$, für $a = 2d$, $x = \sqrt{4 . 132^2 + 1} - 2 . 132 = 0{,}0019$ und so fort, nach folgender Zusammenstellung:

für a (oder b) =	wird x (oder y) =
d	0,0038
$2d$	0,0019
$3d$	0,0014
$4d$	0,0010
$5d$	0,0008
$6d$	0,0007
$7d$	0,0006
$8d$	0,0005
$9d$	0,0005
$10d$	0,0004

Es würden sich schon hieraus einige specielle Folgerungen ziehen lassen. Z. B. für $a = b = d$ würde die Wellenlänge des fraglichen Tones $= 2 . 0{,}0038 = 0{,}0076$; für $a = b = 2d$ würde sie $= 2 . 0{,}0019 = 0{,}0038$, d. h. bei doppelter Entfernung des *Hörenden und Schiefsenden* von dem Gitter würde der Ton *eine ganze Octave höher* beginnen u. s. w. Ebenso müfste der Ton für $a = b = 7d$ die *nächst höhere Quinte* des für $a = b = 5d$ vernommenen seyn. Würde ferner z. B. $a = 3d$, und $b = 4d$, so würde die Wellenlänge $x + y = 0{,}0014 + 0{,}0010 = 0{,}0024$, dagegen für $a = 5d$, und $b = 10d$ würde $x + y = 0{,}0008 + 0{,}0004 = 0{,}0012$, demnach *halb so grofs*, als im vorigen

Falle, also die höhere *Octave* des dort vernommenen Tones, u. s. w.

Es würde überhaupt leicht seyn, eine kleine *Tabelle* zusammenzustellen, aus welcher sich das Intervall der in *zwei beliebigen* Fällen entstehenden Töne, so zu sagen, *ablesen*, oder wenigstens sofort beurtheilen liefse. Man brauchte nämlich nur ein Viereck nach Art der pythagoreïschen Tafel (des »Einmaleins«) etwa in 100 Felder zu theilen, dann z. B. von der linken oberen Ecke an sowohl die horizontalen, als die verticalen Columnen der Reihe nach mit d, $2d$, $3d$, ... bis $10d$ zu bezeichnen, und in jedes der 100 Felder die *Summe derjenigen zwei Werthe* für x (oder y) einzutragen, welche den Bezeichnungen der horizontalen und der verticalen Columne, zu der das Feld gehört, entspricht: so hätte man ein Schema, aus welchem sich die *Wellenlänge* des Reflexionstones für beliebige Werthe von a und b (zwischen d und $10d$) ablesen, und sonach, durch Vergleichung derselben, das *Intervall* für je zwei Fälle leicht beurtheilen liefse.

Diefs Schema würde, wenn man der Abkürzung wegen nur die vierten Decimalen obiger Werthe als Einheiten einträgt, etwa folgendes seyn:

Für $a =$	d	$2d$	$3d$	$4d$	$5d$	$6d$	$7d$	$8d$	$9d$	$10d$
Für $b = d$	76	57	52	48	46	45	44	43	43	42
» $2d$	57	38	33	29	27	26	25	24	24	23
» $3d$	52	33	28	24	22	21	20	19	19	18
» $4d$	48	29	24	20	18	17	16	15	15	14
» $5d$	46	27	22	18	16	15	14	13	13	12
» $6d$	45	26	21	17	15	14	13	12	12	11
» $7d$	44	25	20	16	14	13	12	11	11	10
» $8d$	43	24	19	15	13	12	11	10	10	9
» $9d$	43	24	19	15	13	12	11	10	10	9
» $10d$	42	23	18	14	12	11	10	9	9	8

Befände sich z. B. der Schiefsende in der Entfernung d ($= 70'$) und der Hörende in der Entfernung $4d$ ($= 280'$) vom Anfange des Gitters, so zeigt unsere Tabelle in der ersten, resp. 4ten Columne die Zahl 48, d. i. 0,0048 als die nach Stabdistanzen gemessene anfängliche Wellenlänge des

des Tones. Wäre dagegen der Schiefsende um $4d$ ($=280'$) und der Hörende nur um $3d$ ($=210'$) vom Gitter entfernt, so zeigt die Tabelle die Zahl 24, — also einen Ton, dessen Wellenlänge nur die Hälfte der vorigen betrüge, und der sonach die höhere Octave bildete.

Die Uebereinstimmung der je 8ten und 9ten Columne dieses Schemas, sowie auch das gleichmäfsige Abnehmen der Zahlen von der 5ten bis zur 8ten, sind übrigens offenbar nur *scheinbar*, und haben ihren Grund in der Unzuverlässigkeit der letzten Decimalen, überhaupt in der Ungenauigkeit der zu Grunde gelegten (mittelst siebenstelliger Logarithmen berechneten) Werthe von x und y.

Will man genauere und zuverlässigere Resultate, so wird man am Bequemsten die zu Grunde zu legenden Werthe für x und y dadurch finden, dafs man die auszuziehenden Wurzeln ($\sqrt{a^2+1}-a$ oder $\sqrt{b^2+1}-b$) als Kettenbrüche entwickelt. Da nämlich, wie schon oben bemerkt, z. B. $\sqrt{a^2+1}-a$, (unter der Voraussetzung $a>0$), <1 wird, so hat man $x=\frac{1}{\alpha}$, wo

$$\alpha=\frac{1}{\sqrt{a^2+1}-a}=\sqrt{a^2+1}+a=2a+(\sqrt{a^2+1}-a)$$
$$=2a+\frac{1}{\alpha}$$

ist, so dafs $x=\cfrac{1}{2a+\cfrac{1}{2a+\cfrac{1}{2a+\ldots}}}$

mit dem constanten Quotienten $2a$ wird, und als ersten Näherungswerth $\frac{1}{2a}$, als zweiten $\frac{2a}{4a^2+1}$, als dritten $\frac{4a^2+1}{8a^3+4a}$ u. s. w. giebt. Man kann sich aber in unserem Falle füglich mit dem *ersten* begnügen, der zwar etwas zu grofs, dessen Abweichung vom wahren Werthe aber, nach bekannten Gesetzen, $<\frac{1}{2a.(4a^2+1)}$ seyn mufs. Diefs giebt,

selbst für den *kleinsten* Werth von a, der bei Berechnung obiger Tabelle vorkommt, nämlich für $a = 132$, eine Abweichung von weniger als $\frac{1}{264.(4.17424+1)}$, also von weniger als 0,000000055 ...., die demnach, da sie im *schlimmsten* Falle (nämlich für $a = b = d$) nur höchstens **mit 2** multiplicirt vorkommt, unbedenklich zu vernachlässigen **ist.**

Auf diese Weise erhält man z. B. für $a = d = 132$, $\sqrt{a^2+1} - a = \frac{1}{264} = 0{,}00378787$, während der durch wirkliches Ausziehen der Wurzel gefundene Werth 0,00378783 liefert; also bis in die siebente Decimale genau.

Die unserer kleinen Tabelle zu Grunde zu legenden Werthe für x oder y gestalten sich dann folgendermafsen:

Für a (oder b) =	wird (x oder y) =
d	0,0037878
$2d$	0,0018939
$3d$	0,0012626
$4d$	0,0009469
$5d$	0,0007576
$6d$	0,0006313
$7d$	0,0005411
$8d$	0.0004735
$9d$	0,0004209
$10d$	0,0003788

und zwar sämmtlich bis auf die letzte Decimale genau. Die obige Tabelle für die anfängliche Wellenlänge der vernommenen Töne würde sich darnach leicht auf denselben Grad der Genauigkeit umwandeln lassen.

Der *Hauptvortheil* dieser zweiten Methode besteht aber offenbar darin, dafs, wenn man wirklich $\sqrt{a^2+1} - a = \frac{1}{2a}$ und $\sqrt{b^2+1} - b = \frac{1}{2b}$ annimmt, diese Werthe für x und y den reciproken Werthen der zugehörigen Distanzen a und b direct *proportional werden.* Da nun die Summen dieser Werthe die *Wellenlängen* ausdrücken, so haben wir damit ein *neues Gesetz gefunden*: das einfache Gesetz nämlich, dafs, unter den gemachten Beschränkungen (a und $b \overline{\gtrless} 132$), bis auf die siebente Decimale genau, die anfäng-

lichen Werthe der beiden, die gesuchte Wellenlänge zusammensetzenden Theile *den zugehörigen Abständen a* und *b verkehrt proportional sind.* Ein Gesetz, welches die Beurtheilung der einzelnen möglichen Combinationen ungemein erleichtert.

§. 16. Aus diesem Gesetze, oder auch schon aus genauerer Betrachtung der Tabelle §. 15, ergeben sich bereits mehrere weitere Folgerungen. So z. B.:

a) Wenn der Hörer stets beim *Schiefsenden* bleibt, so ist die Tonhöhe *direct proportional der Entfernung Beider vom Anfange des Gitters.* (Denn die Tonhöhe ist ja, wie die Anfangsgründe der Akustik lehren, der Wellenlänge eines Tones, — und diese selbst wiederum, nach obigem Gesetze, dem Abstande vom Gitter *umgekehrt* proportional). Entfernen sich also Beide um das Doppelte vom Gitter, so wird der Ton um *eine Octave,* — entfernen sie sich nur um die Hälfte ihres vorigen Abstandes, so wird er um *eine Quinte* höher werden müssen u. s. w. Ferner

b) Bleibt der Hörer an seinem Orte, während der Schiefsende sich entfernt, so nimmt die Tonhöhe in einem *langsameren* Verhältnisse zu, als diese Entfernung; — (man könnte vermuthen, im Verhältnisse der Quadratwurzeln derselben, namentlich wenn man die einfache Entfernung in obiger Tabelle mit der vierfachen vergleicht; bei der neunfachen dagegen trifft es nicht zu. Das Genauere hierüber sogleich).

c) Dasselbe mufs natürlich (in Folge des in §. 12 erwiesenen Gesetzes) auch stattfinden, wenn der *Schiefsende* seinen Platz behauptet, und blofs der *Hörende* sich allmählich entfernt oder nähert.

d) Stehen Beide (Hörer und Schütze) z. B. in der Entfernung $3d$, so wird *derselbe Ton* (von der Wellenlänge $2 . 0{,}0012626 = 0{,}0025252$) zum Vorschein kommen, als wenn z. B. der Eine um $2d$ und der Andere um $6d$ von dem Anfange des Gitters entfernt ist, u. s. w.

Da indessen die *grofsen Zahlen* der zu Ende des §. 15 erwähnten Tabelle deren Ueberschaulichkeit beeinträchtigen und namentlich *das Vergleichen* der einzelnen Fälle erschweren, so wird es zu diesem Zwecke vortheilhafter seyn, die betreffenden Werthe von $x+y$ (unter der gemachten Voraussetzung $x=\frac{1}{2a}$ und $y=\frac{1}{2b}$) *allgemein* zu berechnen. Nehmen wir z. B. $a=md$ und $b=nd$ an (wo m und $n>1$ seyn sollen), so haben wir für die zugehörige anfängliche Wellenlänge des vernommenen Tones $x+y=\frac{1}{2md}+\frac{1}{2nd}$, oder $=\frac{m+n}{2mnd}$.

Diefs giebt z. B. für $a=4d$ und $b=2d$, $x+y=\frac{6}{16d}$ $=\frac{3}{8d}$; oder für $a=6d$ und $b=2d$, $x+y=\frac{8}{24d}=\frac{1}{3d}$ u. s. w.

Eine fernere Vereinfachung ergiebt sich übrigens, wenn wir statt der Wellenlängen sofort die *Tonhöhen selbst*, d. i. die Schwingungszahlen einführen. Da nämlich Letztere den Wellenlängen umgekehrt proportional sind, so können wir dann ohne Weiteres die Umkehrungen oder reciproken Werthe obiger Brüche (d. h., allgemein ausgedrückt, den Werth $\frac{1}{x+y}=\frac{2mnd}{m+n}$) in unsere Tabelle aufnehmen und dabei überdiefs, weil es sich ja zunächst blofs um *Vergleichung* der einzelnen Werthe handelt, der Kürze wegen den gemeinsamen Factor d weglassen. (Ebenso könnte natürlich auch der gemeinschaftliche Factor 2 im Zähler jener Brüche wegbleiben, was jedoch nicht im Interesse der Ueberschaulichkeit liegt).

Auf diese Weise finden wir denn für die anfänglichen *Tonhöhen selbst* folgende (ihnen proportionale) Werthe:

Für $a=$	d	$2d$	$3d$	$4d$	$5d$	$6d$	$7d$	$8d$	$9d$	$10d$
Für $b=d$	1	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{12}{7}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{16}{9}$	$\frac{9}{5}$	$\frac{20}{11}$
$2d$	$\frac{4}{3}$	2	$\frac{12}{5}$	$\frac{8}{3}$	$\frac{20}{7}$	3	$\frac{28}{9}$	$\frac{16}{5}$	$\frac{36}{11}$	$\frac{10}{3}$
$3d$	$\frac{3}{2}$	$\frac{12}{5}$	3	$\frac{24}{7}$	$\frac{15}{4}$	4	$\frac{21}{5}$	$\frac{48}{11}$	$\frac{9}{2}$	$\frac{60}{13}$
$4d$	$\frac{8}{5}$	$\frac{8}{3}$	$\frac{24}{7}$	4	$\frac{40}{9}$	$\frac{24}{5}$	$\frac{56}{11}$	$\frac{16}{3}$	$\frac{72}{13}$	$\frac{40}{7}$
$5d$	$\frac{5}{3}$	$\frac{20}{7}$	$\frac{15}{4}$	$\frac{40}{9}$	5	$\frac{60}{11}$	$\frac{35}{6}$	$\frac{80}{13}$	$\frac{45}{7}$	$\frac{20}{3}$
$6d$	$\frac{12}{7}$	3	4	$\frac{24}{5}$	$\frac{60}{11}$	6	$\frac{84}{13}$	$\frac{48}{7}$	$\frac{36}{5}$	$\frac{15}{2}$
$7d$	$\frac{7}{4}$	$\frac{26}{9}$	$\frac{21}{5}$	$\frac{56}{11}$	$\frac{35}{6}$	$\frac{84}{13}$	7	$\frac{112}{15}$	$\frac{63}{8}$	$\frac{140}{17}$
$8d$	$\frac{16}{9}$	$\frac{16}{5}$	$\frac{48}{11}$	$\frac{16}{3}$	$\frac{80}{13}$	$\frac{48}{7}$	$\frac{112}{15}$	8	$\frac{144}{17}$	$\frac{60}{9}$
$9d$	$\frac{9}{5}$	$\frac{36}{11}$	$\frac{9}{2}$	$\frac{72}{13}$	$\frac{45}{7}$	$\frac{36}{5}$	$\frac{63}{8}$	$\frac{144}{17}$	9	$\frac{180}{19}$
$10d$	$\frac{20}{11}$	$\frac{10}{3}$	$\frac{60}{13}$	$\frac{40}{7}$	$\frac{20}{3}$	$\frac{15}{2}$	$\frac{140}{17}$	$\frac{80}{9}$	$\frac{160}{19}$	10

* Warum diejenigen Brüche, die in einer und derselben, von Rechts oben nach Links unten laufenden, Zahlenreihe dieser Tabelle stehen, sämmtlich *einerlei Nenner* haben müssen, (z. B. die diagonale Reihe den Nenner **11**, die vom dritten Felde rechts ausgehende den Nenner **13** u. s. w.), ergiebt sich, nebst den übrigen arithmetischen Eigenschaften der Tabelle, leicht aus der angegebenen Construction der Brüche, d. h. aus deren gemeinsamer Grundform $\frac{2mn}{m+n}$; — für $m=n$ z. B., d. h. für $a=b$, liefert Letztere die Form $\frac{2m^2}{2m}=m$; daher die Werthe der von der linken oberen Ecke ausgehenden Diagonale die Reihe der ganzen Zahlen **1** bis **10** bilden müssen. Begiebt sich also z. B. der Hörer *mit* dem Schiefsenden (oder Beide in einer Person) der Reihe nach in die doppelte, dreifache, vierfache .... Entfernung von dem Gitter, so werden die vernommenen Töne (wenigstens deren Anfänge) die Reihe der sogenannten »*natürlichen Tonleiter*« bilden, z. B. die Reihe:



Die dritte und vierte Stufe dieser Reihe werden aber auch z. B. dann zu Gehör kommen, wenn sich einer von

Beiden in die *doppelte*, resp. *dreifache*, und der Andere beide Male in die *sechsfache* ursprüngliche Entfernung begiebt u. s. w. Ebenso ergiebt sich eine Anzahl von ziemlich einfachen Tonverhältnissen unmittelbar aus dem Anblick der letzten Tabelle. So weisen z. B. die in der obersten Zeile vorkommenden Brüche $\frac{4}{3}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{8}{5}$, $\frac{5}{3}$ sofort die ihnen entsprechenden Intervalle der Quarte, Quinte, kleinen und grofsen Sexte u. s. w. nach, wenn wir sie nämlich mit dem *tiefsten* vorkommenden Tone vergleichen, dessen Schwingungszahl hier $= 1$ gesetzt ist.

Um nun aber auch die Vergleichung der verschiedenen Töne *unter sich* (nicht blofs mit jenem ersten oder tiefsten) noch weiter zu erleichtern, kann man die sämmtlichen in der Tabelle enthaltenen Brüche auf möglichst kleine, ihnen proportionale *ganze Zahlen* reduciren, d. h. man müfste diese Brüche auf gleichen Nenner bringen und dann diesen weglassen. Da sie indessen sämmtlich die Form $\frac{2mn}{m+n}$ haben, wo m sowohl, als n, von 1 bis 10 wachsen kann, so müfste der kleinste gemeinschaftliche Nenner die sämmtlichen einfachen Factoren der Zahlen von 1 bis 20 enthalten, und würde daher eine sehr grofse (nämlich 9zifferige) Zahl werden, ein Umstand, der auch die zugehörigen Zähler wiederum in so grofse Zahlen verwandeln würde, dafs die vergleichende Uebersicht nicht erleichtert, sondern noch erschwert wäre.

Lassen wir daher, um zu kleineren Zahlen zu gelangen und wenigstens eine *Anzahl* überschaulicher, etwa durch den Versuch zu verificirender Resultate zu erhalten, alle diejenigen Felder unserer letzten Tabelle, deren Nenner durch verhältnifsmäfsig grofse Primfactoren der Ueberschaulichkeit vorzugsweise hinderlich werden, *gänzlich unbeachtet*, so können wir aus dem zu bildenden Producte vor Allem die Factoren **19**, **17**, **13** und **11**, vielleicht auch noch den Factor 7, sowie den dritten der Factoren 2, und den zweiten der Factoren 3, weglassen. Thun wir diefs, so erhalten wir aus den übrig bleibenden Factoren $2 . 2 . 3 . 5$ die als

bequeme Eintheilungszahl seit Jahrtausenden berühmte und vielfach angewandte Zahl 60, mit welcher sämmtliche Brüche unserer Tabelle zu multipliciren wären.

Diefs liefert denn folgende in der That überschaulichere Zusammenstellung von Verhältnifszahlen für die anfängliche Höhe der fraglichen Töne:

Für $a=$	d	$2d$	$3d$	$4d$	$5d$	$6d$	$7d$	$8d$	$9d$	$10d$
Für $b=d$	60	80	90	96	100	103	105	107	108	109
$2d$	80	120	144	160	171	180	187	192	196	200
$3d$	90	144	180	206	225	240	252	262	270	277
$4d$	96	160	206	240	267	288	305	320	332	343
$5d$	100	171	225	267	300	327	350	369	386	400
$6d$	103	180	240	288	327	360	388	412	432	450
$7d$	105	187	252	305	350	388	420	448	472	494
$8d$	107	192	262	320	369	412	448	480	508	533
$9d$	108	196	270	332	386	432	472	508	540	569
$10d$	109	200	277	343	400	450	494	533	569	600

Die kleiner gedruckten Zahlen sind nur annäherungsweise richtig. Es sind diejenigen, welche sich in Folge der erwähnten Auslassung der Factoren **19, 17** u. s. w. eigentlich nicht durch ganze Zahlen ausdrücken lassen. Da sie sich indessen nicht um eine halbe Einheit von den richtigen Werthen entfernen, so mögen sie immerhin zu einer annähernden Beurtheilung der betreffenden Intervalle brauchbar seyn, und sind eben deshalb mit aufgenommen worden.

§. 17. Aus dieser Tabelle ergiebt sich nun eine Menge einfacher Tonverhältnisse, die, durch den Versuch bestätigt, eine wesentliche Stütze unserer Theorie bilden würden.

Der Kürze wegen wollen wir jedoch vorerst noch eine besondere Bezeichnung einführen. Befindet sich nämlich in *einem* Falle der Schiefsende in der Entfernung $a=md$, und der Hörende in der Entfernung $b=nd$ (oder umgekehrt, was ja denselben Ton liefert), in einem *zweiten* Falle der Eine in der Entfernung $a'=rd$, und der Andere in der Entfernung $b'=sd$: so wollen wir die *Vergleichung* dieser beiden Fälle, resp. das *Intervall* der beiden zum

Vorschein kommenden Töne, durch das Symbol $\frac{m.n}{r.s}$ bezeichnen, (welches also keinen Bruch vorstellt). So z. B. soll »der Fall $\frac{2.4}{3.6}$« die Vergleichung derjenigen **beiden** Töne bezeichnen, welche entstehen, wenn *einmal* die **Entfernungen** des Schiefsenden und Hörenden vom Gitter **resp.** 2*d* und 4*d*, das *anderemal* resp. 3*d* und 6*d* betragen, **also** derjenigen Töne, welchen in obiger Tabelle die Zahlen **160** und 240 entsprechen, und deren *Intervall* sonach, da **diese** Zahlen sich wie 2.3 verhalten, eine reine Quinte **seyn** würde.

Nach dieser Bezeichnungsweise finden wir denn zum Beispiel, zur Bestätigung des zu Ende von §. 15 aufgestellten Gesetzes, dafs die Fälle $\frac{2.2}{4.4}$, $\frac{3.3}{6.6}$, $\frac{4.4}{8.8}$ u. s. w. reine *Octaven*, die Fälle $\frac{2.2}{3.3}$, $\frac{4.4}{6.6}$, $\frac{6.6}{9.9}$ reine Quinten, die Fälle $\frac{3.3}{4.4}$, $\frac{6.6}{8.8}$ reine Quarten, die Fälle $\frac{4.4}{5.5}$, $\frac{8.8}{10.10}$ grofse Terzen, die Fälle $\frac{3.3}{5.5}$ und $\frac{6.6}{10.10}$ grofse Sexten, dafs ferner $\frac{5.5}{6.6}$ eine kleine Terz, $\frac{5.5}{8.8}$ eine kleine Sexte, $\frac{8.8}{9.9}$ einen grofsen und $\frac{9.9}{10.10}$ einen kleinen ganzen Ton liefert.

Ein weiteres Gesetz über diese Intervalle, welches sich hier sofort ergiebt, ist aber folgendes. Auch wenn die Entfernungen des Hörenden und Schiefsenden vom Gitter *nicht* einander gleich sind, sondern nur *proportional* bleiben, so bleibt dennoch das Intervall dasselbe, welches durch das *Verhältnifs* jener Entfernungen bezeichnet wird. Oder, bestimmter gesagt: Auch wenn *nicht* (wie in obigen Fällen) $m = n$ und $r = s$, sondern *die vier Gröfsen m, n, r, s nur proportional sind, liefert der Fall* $\frac{m.n}{r.s}$ *das durch den Bruch* $\frac{m}{r}$ $\left(= \frac{n}{s}\right)$ *bezeichnete Intervall.* So liefern z. B. auch die Fälle $\frac{2.3}{4.6}$, $\frac{2.4}{4.8}$, $\frac{2.5}{4.10}$, $\frac{3.4}{6.8}$, $\frac{3.5}{6.10}$ u. s. w. reine Octaven,

auch die Fälle $\frac{2.4}{3.6}$, $\frac{2.6}{3.9}$, $\frac{4.6}{6.9}$ reine Quinten, auch $\frac{3.6}{5.10}$ eine grofse Sexte, auch $\frac{4.8}{5.10}$ eine grofse Terz, u. s. w.

§. 18. Besonders leicht durch den Versuch zu controliren würde aber offenbar die *völlige Uebereinstimmung* des Tones in zwei verschiedenen Fällen seyn, von der wir auch (abgesehen von dem in §. 12 ausgesprochenen Gesetze) in unserer Tabelle Beispiele finden; so die Fälle $\frac{2.6}{3.3}$, $\frac{3.6}{4.4}$ u. s. w. Die Bedingung für die Entstehung eines solchen Unisono ergiebt sich aus Obigem leicht. Da nämlich unter den gemachten Voraussetzungen die anfängliche Wellenlänge des entstehenden Tones (vergl. §. 15) $x + y = \frac{1}{2a} + \frac{1}{2b}$ ist, so liegt jene Bedingung für den Fall $\frac{m.n}{r.s}$ in der Gleichung:

$$\frac{1}{2md} + \frac{1}{2nd} = \frac{1}{2rd} + \frac{1}{2sd},$$

oder

$$\frac{1}{m} + \frac{1}{n} = \frac{1}{r} + \frac{1}{s},$$

woraus sich $s = \frac{mnr}{(m+n)r - mn}$ ergiebt.

So haben wir z. B. für den Fall $\frac{2.6}{3.x}$, wenn er ein Unisono liefern soll, $x = \frac{2.6.3}{8.3 - 2.6} = 3$; oder für den Fall $\frac{4.4}{3.x}$ unter derselben Bedingung, $x = \frac{4.4.3}{8.3 - 4.4} = 6$, welches die beiden schon oben beispielsweise erwähnten Fälle sind. — Ferner liefert z. B. $\frac{9.5}{7.x}$ für den Fall eines Unisonos $x = 5{,}94$, also fast $= 6$, und in der That zeigt auch schon unsere letzte Tabelle für die Entfernungen $9d$, $5d$ einerseits und $7d$, $6d$ andererseits *nahezu gleiche Tonhöhen* (nämlich die Zahlen 386 und 388), die höchst wahrscheinlich vom Unisono nicht zu unterscheiden sind. Noch etwas genauere (wenn auch nicht absolute) Gleichklänge liefern auf ähnliche Weise die Fälle $\frac{6.10}{7.8}$, $\frac{3.9}{4.5}$ u. s. w.

§. 19. Aber auch die übrigen Intervalle kommen, aufser den bereits in §. 17 angeführten Fällen, in unserer Tabelle noch mehrfach vor. So finden wir z. B. reine *Quinten* in den Fällen $\frac{1.1}{1.3}$ (und folglich, nach dem in §. 17 ausgesprochenen Gesetze, auch $\frac{2.2}{2.6}$, $\frac{3.3}{3.9}$ u. s. w.), $\frac{1.2}{2.2}$ (und folglich auch $\frac{2.4}{4.4}$, $\frac{3.6}{6.6}$, $\frac{4.8}{8.8}$ u. s. w.), $\frac{1.4}{2.3}\left(\frac{2.8}{4.6}\right)$, $\frac{2.10}{5.5}$, $\frac{4.5}{5.10}$, $\frac{5.5}{6.10}$; ferner *annähernd* reine Quinten in $\frac{1.8}{2.5}$, $\frac{2.5}{3.8}$, $\frac{2.6}{4.5}$, $\frac{3.4}{4.7}$, $\frac{4.8}{7.9}$ u. s. w.

Als allgemeine Formel für die Aufsuchung dieses Intervalls erhalten wir aus der nach dem Obigen von selbst verständlichen Bedingung

$$\frac{1}{m}+\frac{1}{n}=\frac{3}{2}.\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right)$$

die Formel:

$$s=\frac{3mnr}{2r(m+n)-mn},$$

welche z. B. für $m=n=r$ die specielle Formel $s=3m$ liefert, die sich leicht in eine Regel übersetzen läfst und in den oben zuerst genannten Fällen $\left(\frac{1.1}{1.3}, \frac{2.2}{2.6} \text{ u. s. w.}\right)$ durch Beispiele belegt ist.

Reine *Quarten* finden sich aufser den schon vorgekommenen, wie unsere Tabelle ausweist, noch in den Fällen $\frac{1.1}{1.2}\left(\frac{2.2}{2.4}, \frac{3.3}{3.6}, \frac{4.4}{4.8} \text{ u. s. w.}\right)$, $\frac{1.3}{2.2}\left(\frac{2.6}{4.4}, \frac{3.9}{6.6}\right)$, $\frac{1.9}{2.3}$, $\frac{2.3}{2.8}$, $\frac{2.6}{3.6}$, $\frac{3.5}{5.5}$ u. s. w., von denen sich z. B. ganz besonders die drei letzten zur Verificirung durch den Versuch eignen würden, weil nämlich bei ihnen der Hörer (oder der Schiefsende) *seinen Platz nicht zu verlassen braucht.* Annähernd reine Quarten finden sich aufserdem noch in $\frac{1.2}{1.8}$, $\frac{3.8}{5.7}$, $\frac{4.5}{5.7}$ u. s. w. (zusammen in mindestens 14 Fällen). Für die Aufsuchung derselben ergiebt sich aus der Bedingungsgleichung

$$\frac{1}{m}+\frac{1}{n}=\frac{4}{3}\cdot\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right)$$

in ähnlicher Weise, wie oben bei den Quinten, die Formel:

$$s=\frac{4mnr}{3r(m+n)-4mn} \text{ u. s. w.}$$

Die bisher angeführten Fälle bieten bereits eine so reiche Auswahl von Beispielen einfacher Intervalle, dafs wir die Geduld des Lesers nicht durch Aufzählung anderer ermüden wollen. Nur das allgemeine Gesetz für *beliebige* Intervalle möge noch angeführt werden. Bezeichnet man nämlich das fragliche Intervall durch das Verhältnifs $p:q$, wo p die Schwingungszahl des für die Entfernungen m und n, — und q diejenige des für die Entfernungen r und s hörbar werdenden Tones vorstellen soll: so ergiebt sich aus der leicht verständlichen Grundbedingung

$$\frac{1}{m}+\frac{1}{n}=\frac{p}{q}\cdot\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right)$$

die Gleichung:

$$p\,.\,rs(m+n)=q\,.\,mn(r+s),$$

welcher Relation also die vier Distanzen m, n, r, s genügen müssen, wenn das Intervall $\frac{p}{q}$ zum Vorschein kommen soll. Diefs liefert die *allgemeine* Berechnungsformel:

$$s=\frac{q\,.\,mnr}{pr(m+n)-qmn},$$

von welcher die oben angeführten nur specielle Fälle bilden, und mittelst der sich für jedes verlangte Intervall und jede drei gegebenen Entfernungen die vierte berechnen läfst.

Stände z. B. in einem Falle der Hörer 4 Längeneinheiten, der Schiefsende 6 (oder umgekehrt) vom Anfange des Gitters entfernt, in einem anderen Falle aber der Eine von Beiden 8 Längeneinheiten: — wo müfste dann der Andere stehen, damit der vernommene Ton um eine *grofse Sexte* höher beginne, als im ersten Falle?

Das Verhältnifs der grofsen Sexte ist $3:5$; wir haben also in obiger Formel $p=3$, $q=5$ zu setzen, während $m=4$, $n=6$ und $r=8$ ist. Diefs giebt sonach $x=$

$\frac{5.4.6.8}{3.8.(4+6)-5.4.6}=8$, d. h. der Hörende mufs *bei dem Schützen* stehen, 8 Längeneinheiten von dem Gitter; was denn auch mit unserer Tabelle übereinstimmt, nach welcher der Fall $\frac{4.6}{8.8}$ das Schwingungsverhältnifs $\frac{288}{480}=\frac{3}{5}$ giebt.

§. 20. Endlich läfst sich auch ebenso leicht eine allgemeine Berechnungsregel für das aus *vier* gegebenen Abständen resultirende *Intervall* aufstellen. Denn, gesetzt dasselbe sey $\frac{p}{q}=x$, so haben wir nach der in §. 19 besprochenen Grundformel

$$p.rs(m+n)=q.mn(r+s),$$

oder

$$x.rs(m+n)=mn(r+s),$$

und folglich

$$x=\frac{mn(r+s)}{rs(m+n)};$$

eine sehr einfache Berechnungsformel, die sich auch leicht als ein neues *Gesetz* in Worte kleiden liefse.

Sollte z. B. das Intervall der Fälle $\frac{2.10}{4.4}$ ermittelt werden, so können wir, dem in §. 17 ausgesprochenen Gesetze zufolge, statt dessen in kleineren Zahlen $\frac{1.5}{2.2}$ setzen, und wir haben somit $x=\frac{p}{q}=\frac{1.5.(2+2)}{2.2.(1+5)}=\frac{5}{6}$, also das Intervall der *kleinen Terz*. — Oder es sollte z. B. das Intervall gefunden werden, welches entsteht, wenn der Hörer in beiden Fällen an demselben Platze bleibt, und zwischen sich und das Gitter zwei Schützen so aufstellt, dafs die drei Abstände von dem Gitter bis zum ersten Schützen, von diesem zum zweiten und von diesem zum Hörer *einander gleich* werden. Setzt man hier einen dieser Abstände $=1$, so haben wir in einfachster Gestalt den Fall $\frac{1.3}{2.3}$, und somit $x=\frac{1.3.(2+3)}{2.3.(1+3)}=\frac{5}{8}$, also das Intervall der *kleinen Sexte*.

Zum Schlusse noch ein Beispiel:

Der Hörer will, stets an derselben Stelle bleibend, 8 *Schützen* so aufstellen, dafs dieselben, indem sie nach einander abfeuern, die 8 *Töne einer gewöhnlichen diatonischen Durscale hervorbringen,* so zwar, dafs der zuerst Schiefsende dicht beim Hörer stehe: in welche Entfernung müssen die übrigen gestellt werden?

Wenden wir die am Schlusse von §. 19 aufgestellte Formel an, so haben wir nach derselben »den Fall $\frac{1\,.\,1}{1\,.\,x}$« für die sieben Intervalle $\frac{8}{9}$ (Sekunde), $\frac{4}{5}$ (Terz), $\frac{3}{4}$ Quarte), $\frac{2}{3}$ (Quinte), $\frac{3}{5}$ (Sexte), $\frac{8}{15}$ (Septime) und $\frac{1}{2}$ (Octave) aufzulösen. Da aber hier, nach der gemachten Voraussetzung, $m = n = r = 1$ ist, so gestaltet sich jene Formel einfacher so:

$$x = \frac{q}{2p - q}$$

und liefert demnach

	für die Sekunde:	$x = \frac{9}{7} = 1\frac{2}{7}$
	» » Terz:	$x = \frac{5}{3} = 1\frac{2}{3}$
	» » Quarte:	$x = \frac{4}{2} = 2$
	» » Quinte:	$x = \frac{3}{1} = 3$
	» » Sexte:	$x = \frac{5}{1} = 5$
	» » Septime:	$x = \frac{15}{1} = 15$
und	» » Octave:	$x = \frac{2}{0} = \infty$.

Das *Letztere* heifst demnach: Es ist *überhaupt unmöglich* einen zweiten Schützen so weit wegzustellen, dafs der von dem (an seinem Platze verharrenden) Hörer wahrgenommene Ton *eine ganze Octave* höher klänge, als der durch einen *bei ihm* stehenden Schützen hervorgebrachte; (wie denn diefs auch in der Natur der Sache liegt und sich sogar schon bei aufmerksamer Betrachtung der Fig. 5 Taf. VI von selbst ergiebt).

Wollte man den letzteren Versuch z. B. nur für die 6 ersten Töne der Scale ausführen und dabei die gefundenen Entfernungen (mit Rücksicht auf die mehrerwähnte Bedingung der Zulässigkeit unserer Formeln überhaupt) *in ganzen Zahlen* ausdrücken, so könnte etwa die des er-

sten Schützen (und des Hörers) 105', und demgemäfs die der folgenden der Reihe nach 135', 175', 210', 315' und 525' vom Gitter betragen, falls nämlich die Stäbe des letzteren nicht über 1' von einander abstehen.

(Schlufs im nächsten Heft)

III. *Untersuchungen an Mineralien der Sammlung des Hrn. Dr. Krantz in Bonn; von H. Dauber.*

(Fortsetzung zu Bd. XCII, S. 237 dieser Annalen.)

6. *Pajsbergit*, ein in Begleitung von Magneteisenstein, Granat und Chlorit auf Pajsbergs Eisengrube zu Filipstad in Schweden vorgekommenes Kieselmanganerz ist nach einer schon im Jahre 1851 veröffentlichten Analyse von Igelström [1]) gleich den übrigen bisher bekannt gewordenen späthigen Varietäten dieser Gattung chemisch als ein Augit zu betrachten. Eine krystallographische Bestimmung des durch seine schöne Farbe, vollkommene Durchsichtigkeit, Glanz und Theilbarkeit so ausgezeichneten Minerals ist auffallender Weise bisher unterblieben, indem man aus den Resultaten der chemischen Untersuchung und der Analogie mit solchen Mangansilicaten, an welchen aufser der gleichen atomistischen Zusammensetzung angeblich auch die Blätterdurchgänge des Augit beobachtet worden sind, als selbstverständlich die Isomorphie mit demselben gefolgert zu haben scheint. Wenn man indefs Gelegenheit hat ringsum ausgebildete Krystalle zu sehen, wie solche in einem die obengenannten Mineralien durchsetzenden braunschwarzen amorphen Eisenoxydsilicat mitunter eingewachsen vorkommen, so ist es nicht schwer aus dem gänzlichen Mangel an Symmetrie, aus der ungleichen

1) Rammelsberg Handwörterbuch der chem. Min. V. Suppl. 59. Erdmann's Journ. für pract. Chem. LIV. 190.

physikalischen Beschaffenheit der Prismenflächen und aus der Lage der Blätterdurchgänge die Unwahrscheinlichkeit einer solchen Ansicht zu erkennen. Eine genauere Untersuchung, deren Ergebnisse ich hierunter im Auszuge mittheile, läfst keinen Zweifel, dafs der Pajsbergit (und mit ihm wenigstens ein Theil der verwandten Manganverbindungen) nicht mit Augit, sondern mit Babingtonit isomorph ist, in der heutigen freilich sehr vagen Bedeutung dieses Begriffs, abstrahirt nämlich von gewissen Differenzen in den die Grundform bestimmenden Elementen, für welche der nothwendig existirende mathematische Ausdruck erst noch gefunden werden mufs. Dieses merkwürdige Factum einer Isomorphie der Augitsubstanz mit einem noch dazu extremen Gliede der Hornblendereihe [1]), scheint übrigens der schon öfter ausgesprochenen Hypothese einer gleichen chemischen Constitution beider Mineralkörper eine neue Stütze zu verleihen und macht fortgesetzte Analysen sowohl des Babingtonits wie reiner durchsichtiger Abänderungen der Hornblende sehr wünschenswerth.

Die Grundform des Pajsbergits ist eine triklinoëdrische Pyramide mit den Neigungen der drei Hauptschnitte a, b, c

$$ab = 68^\circ\ 51',5 \qquad ac = 86^\circ\ 31',5 \qquad bc = 92^\circ\ 22'$$

oder den entsprechenden ebenen Winkeln (Axenwinkeln)

$$acb = 111^\circ\ 21',5 \qquad abc = 94^\circ\ 39' \qquad bac = 86^\circ\ 6',5$$

und dem Axenverhältnifs

$$a : b : c = 1{,}8291 : 1{,}1579 : 1$$

wofür man näherungsweise setzen kann

$$1{,}8257 : 1{,}1547 : 1 = \sqrt{10} : 2 : \sqrt{3}.$$

Die beobachteten Gestalten sind [2])

1) Vergl. Rammelsberg's Handwörterb. III. Suppl. S. 24. V. Suppl. S. 134.

2) Nach der an Kürze und Bestimmtheit gewifs unübertrefflichen Bezeichnungsweise, welche, obgleich schon vor mehr als 30 Jahren von Neumann (Beiträge zur Krystallonomie) in ihren Grundzügen festgestellt, erst jetzt durch Miller's krystallographische Arbeiten allgemeinere Verbreitung gefunden hat.

$a = 100 \quad b = 010 \quad c = 001 \quad n = 1\bar{1}0 \quad k = \bar{1}01$
$0 = 011 \quad s = 0\bar{1}1$

und bilden die in Fig. 11 und 12 Taf. VI durch orthographische Projectionen auf die Querschnitte der Zonen *ab* und *ac* dargestellte Combination.

Die Theilbarkeit ist gleich ausgezeichnet nach *b* und *c*, sehr unvollkommen nach *o* und *s*. Die Flächen *c* und *k* sind stark glasglänzend und trotz der Streifung parallel der Combinationskante meist recht deutliche Bilder reflectirend; *a* und *b* weniger glänzend; *n*, *o* und *s* nur selten hinreichend spiegelnd, meist matt, *n* aufserdem oft sehr uneben durch unregelmäfsige Vertiefungen oder unterbrochene Furchung parallel ab; *o* und *s* zuweilen parallel der Combinationskante mit *c* gestreift, die durch ihre rhombische Gestalt leicht kenntliche Fläche *s* jedoch häufiger nach der Kante *sa*, mitunter in beiden Richtungen zugleich.

Folgende Zusammenstellung wird ebensowohl einen Maafsstab für die Zuverlässigkeit dieser Angaben wie die Mittel zu deren gelegentlicher Berichtigung geben. Die Columne *A* enthält die mittleren Beobachtungswerthe, *E* die nach dem ersten der obigen Axenverhältnisse berechneten, *F* die nach dem zweiten genäherten Verhältnifs, *B* die Anzahl der an verschiedenen Krystallen [1]) oder verschiedenen Kanten eines und desselben Krystalls erhaltenen Einzelwerthe, aus welchen die unter *A* als mittlere hervorgegangen sind, *C* die Gränzen dieser Einzelwerthe. Nach wie vor sind statt der Neigungen der Flächen die ihrer Normalen gegeben.

1) Es wurden überhaupt 34 der besten Krystalle für die Messungen benutzt.

	A.	E.	F.	B.	C.
$ac=$	86° 31',5	86° 31',5	86° 31',5	18	86° 22' bis 86° 40'
$a'k=$	62 14,5	62 15	62 12	17	62 1 » 62 27
$ck=$	31 12,5	31 13	31 16	26	30 59 » 31 25
$ab=$	68 51,5	68 51,5	68 51,5	16	68 38 » 69 7
$an=$	73 51,5	73 41	73 43	2	73 48 » 73 55
$bn'=$	37 20,5	37 27,5	37 25,5	4	37 0 » 37 48
$bc=$	92 22	92 22	92 22	8	92 16 » 92 29
$b'c=$	87 38	87 38	87 38	10	87 34 » 87 46
$oc=$	43 51,5	43 50	43 55	16	43 32 » 44 14
$ob=$	48 33	48 32	48 27	12	48 16 » 48 48
$sc=$	41 48,5	41 39	41 43,5	8	41 43 » 41 56
$sb'=$	45 59,5	45 59	45 54,5	10	45 39 » 46 24
$nc=$	85 24	85 18	85 18	3	85 15 » 85 39
$n'c=$	94 36	94 42	94 42	2	94 32 » 94 40
$kb=$	102 58	102 56,5	102 57	5	102 56 » 102 59
$kb'=$	76 59	77 3,5	77 3	13	76 52 » 77 13
$ks=$	40 17	40 8,5	40 12,5	7	40 11 » 40 30
$ns=$	53 49	54 3	53 59	4	53 38 » 54 3
$ko=$	61 2	60 55	61 1	5	60 42 » 61 18
$ao=$	72 44	72 49	72 48	9	72 33 » 72 58

Ich habe nun zur Vergleichung noch einige Kieselmanganerze anderer Localitäten untersucht und zwar,

a) von *Långbanshytta* in Schweden. Der Winkel des Spaltungsprisma schwankt nach 12 Bestimmungen zwischen 87° 27' und 88° 15', liegt also dem des Pajsbergit $=87°\ 38'$ entschieden näher wie dem des Augit $=87°\ 6'$. Ueberdiefs wurde in einem Falle aufser den Spaltungsflächen *b*, *c* noch eine Krystallfläche *a* in derselben Lage beobachtet, welche diese Fläche beim Pajsbergit hat. Die Messung ergab nämlich

$ab=68°\ 54'$ $\qquad ac=86°\ 45'$ $\qquad bc=92°\ 32'$;

b) von *Przibram* in Böhmen. Deutliche rhomboïdische Prismen mit schiefer Endfläche, in Kalkspath eingewachsen. Bei vier mit No. 1 bis 4 bezeichneten Krystallen fand sich (unter *b* und *c* wieder die den Hauptblätterdurchgängen parallelen Flächen verstanden)

	No. 1.	No. 2.	No. 3.	No. 4.
$ab=$	69° 0'	68° 0'	69° 4'	68° 34'
$ac=$	87 2	86 20	87 54	85 49
$bc=$	92 57	92 6	93 57	93 54

c) von *Franklin* in New Jersey (sogen. Fowlerit) gestattet nur eine sehr rohe doch wie mir scheint in ihrem Hauptresultat ebenfalls genügende Beobachtung. Bei zwei Krystallen war

	No. 1.	No. 2.
$ab =$	67° 54′	68° 22′
$ac =$	87 39	86 22
$bc =$	93 49	91 23

Diese drei Mineralien gehören also zum Pajsbergit. Vielleicht ist ein Gleiches der Fall mit dem Mangankiesel von Schabrowa bei Katharinenburg, von welchem G. Rose [1]) sagt, dafs er deutlich theilbar sey nach dem Augitprisma, in Spuren nach den Diagonalen desselben, denn die Annäherung dieser Verhältnisse an diejenigen, welche oben für den Pajsbergit nachgewiesen sind, ist zu grofs als dafs Messungen an Spaltungsstücken, welche nicht zugleich Krystallflächen enthalten, schon für entscheidend gehalten werden könnten. Dagegen unterstützt die von Miller und Anderen in Betreff des Kieselmanganerzes (leider ohne Nachweis der Localität) gemachte Angabe, dafs die Theilbarkeit nach den Diagonalen deutlicher sey wie die prismatische und dafs auch eine unter 74° gegen die scharfe Prismenkante geneigte Schiefendfläche als Spaltungsfläche vorkomme die an sich nicht unwahrscheinliche Ansicht, dafs es auch Mangansilicate in der Form des Augits giebt.

7. *Babingtonit* von Arendal. Die Form des Babingtonits ist von Lévy untersucht [2]). Da indefs diese Bestimmung, die einzige von welcher ich Kenntnifs habe, in eine Zeit fällt, wo die aus den Schwankungen der Kantenwinkel entspringenden Schwierigkeiten noch sehr wenig gekannt waren, so schien zur Ergänzung der vorhergehenden Untersuchung eine Wiederholung gerechtfertigt.

Nach meinen allmählich auf 82 Krystalle ausgedehnten

1) Reise nach dem Ural, I. 163.
2) *Annals of Philosophy n. S. VII.* 275.

und, ich mufs gestehen, in Bezug auf die verticale Zone, welche besonders grofsen Unregelmäfsigkeiten unterworfen ist, doch nicht ganz befriedigenden Beobachtungen ist das Octaëder des Babingtonits bestimmt durch die Neigungen der Hauptschnitte

$ab = 67^\circ\ 48'$ $\quad ac = 87^\circ\ 28'$ $\quad bc = 92^\circ\ 36'$

oder die entsprechenden ebenen Winkel

$acb = 112^\circ\ 22'$ $\quad abc = 93^\circ\ 48$ $\quad bac = 86^\circ\ 9'$

und das Axenverhältnifs

$a : b : c = 1{,}8257 : 1{,}1167 : 1$

wofür ich als Näherung setze

$$1{,}8257 : 1{,}1180 : 1 = \sqrt{\tfrac{2}{3}} : \tfrac{1}{2} : \sqrt{\tfrac{1}{3}}.$$

Die vorkommenden Gestalten sind

$a = 100 \quad b = 010 \quad c = 001 \quad d = 101 \quad h = 110$

$g = 2\bar{1}0 \quad o = 011 \quad s = 0\bar{1}1$

davon die beiden letzten bis jetzt nicht beobachtet und mit Rücksicht auf den Pajsbergit von besonderem Interesse.

Die Combination ist nicht selten vollzählig wie Fig. 13 und 14 Taf. VI sie darstellt. Häufiger jedoch treten die Flächen *o* und *s* ganz zurück, mitunter auch eine oder mehrere der Flächen *a*, *d*, *b*.

Spaltbar sind die Krystalle deutlich nach *c*, weniger deutlich nach *b*; ob auch nach *o* und *s* ist zweifelhaft. Die Flächen *a*, *b*, *g*, *h* sind in der Richtung ihrer Combinationskante gestreift, ebenso *d* und *c* nach der ihrigen, *o* und *s* hingegen eben, alle Flächen sehr glänzend aber selten gut spiegelnd.

In der folgenden Zusammenstellung ist die Bedeutung der Buchstaben *A*, *F*, *B*, *C* über den Columnen die nämliche wie früher.

	A.	F.	B.	C.
*ac =	87° 27′	87° 28′	14	87° 14 bis 87° 36′
*a′c =	92 32	92 32	19	92 19 » 92 43
ad =	57 29	57 33	13	57 23 » 57 37
dc =	29 50	29 55	16	29 37 » 30 5
bc =	92 33	92 36	9	92 23 » 92 44
*b′c =	87 23	87 24	17	87 15 » 87 38
oc =	45 7	45 13	4	45 2 » 45 12
ob =	47 21	47 23	7	47 16 » 47 31
sc =	42 58	42 44	7	42 16 » 43 37
sb′ =	44 48	44 40	5	44 40 » 44 52
ab =	67 47	67 48	28	67 10 » 68 17
ag =	47 26	47 33	44[1])	47 0 » 47 51
a′g =	132 28	132 27	7	132 13 » 132 44
ah =	43 18	43 5	30[2])	42 42 » 43 58
g′b =	64 35	64 39	22	64 23 » 64 50
hb =	24 29	24 43	15	24 9 » 24 54
hg′ =	89 36	89 22	11	89 19 » 89 53
*hc =	90 46	90 47	11	90 22 » 91 9
*h′c =	89 12	89 13	8	89 7 » 89 19
*gc =	85 22	85 27	20	85 6 » 85 38
*g′c =	94 39	94 33	22	94 28 » 94 56
hd =	69 22	69 20	7	69 12 » 69 40
h′d =	110 39	110 40	5	110 32 » 110 50
gd =	66 0	66 10	14	65 44 » 66 32
g′d =	113 57	113 50	15	113 34 » 114 13
bd =	81 8	81 22	13	80 48 » 81 26
b′d =	98 50	98 38	5	98 29 » 99 16
oa =	72 19	72 29	4	72 9 » 72 26
og′ =	75 49	75 46	2	75 45 » 75 52
od =	41 42	41 50	1	
sa′ =	77 14	76 58	1	[3])

Ein Sternchen (*) zeichnet die Winkel aus, welche am genauesten bestimmt werden konnten.

1) Nach Ausschluſs einzelner die genannten Gränzen noch überschreitender Beobachtungen einerseits bis 45° 47′ und anderseits bis 49° 30′ reichend.

2) Ebenfalls nur denjenigen Theil der Beobachtungen herausgehoben, welcher eine regelmäſsig verlaufende Reihe bildet.

3) Nach der in die Lehrbücher übergegangenen Bestimmung von Lévy ist

ab = 67° 30′
ac = 87 26
bc = 92 0
ag = 47 45
ah = 42 55
dc = 29 35

Man sieht, dafs in Betreff der Neigung *ad* und der Winkel der verticalen Zone noch einige Unsicherheit herrscht, aber zugleich, dafs diese nur durch Beobachtungen an besser ausgebildeten Individuen, wenn solche künftig vorkommen sollten, wird gehoben werden können. Bis jetzt habe ich nur einen Krystall gefunden, welcher in Bezug auf die verticalen Flächen, weil sie *sämmtlich* vollkommen deutliche Bilder und genau in derselben Ebene reflectirten, allen Anforderungen genügte. Die durch je 8 bis 12 Repetitionen, deren gröfste Differenz 2 Min. betrug, erhaltenen Resultate waren

$$ab = 67° \ 48',0$$
$$a'b' = 67 \ \ 49,2$$
$$ag = 47 \ \ 33,4$$
$$a'g' = 47 \ \ 40,0$$
$$gb' = 64 \ \ 30,7$$
$$g'b = 64 \ \ 40,2.$$

Die Summe aller 6 Winkel ist 360° 1½', folglich der auf jeden einzelnen kommende Fehler 15 Sek. [1]). Diese

1) Krystallzonen, welche eine solche Sicherheit der Messung gestatten, sind aufserordentlich selten, geben aber, wenn noch ihr Verhalten gegen Temperatureinflüsse bekannt ist, ein treffliches Mittel ab sich über den aus der Construction des Goniometers, der Aufstellung desselben, der Wahl der Visirpunkte u. s. w. entspringenden constanten Fehler auch in jedem anderen Falle genau zu unterrichten, eine Vorsicht, welche ich nie versäume, obgleich die meisterhafte Ausführung meines aus der Werkstatt des Hrn. Meyerstein in Göttingen hervorgegangenen Instruments und meine bisherigen Erfahrungen, welche stets nur Differenzen unter ½ Min. ergeben haben, dieselbe könnten überflüssig erscheinen lassen. Ich bemerke diefs um etwaigen auf das Verfahren der Messung bezüglichen Einwänden zu begegnen. Im Allgemeinen haben mir die noch immer beobachteten Schwankungen der Kantenwinkel die Ueberzeugung verschafft, dafs der Einflufs der constanten wie der eigentlichen Beobachtungsfehler leicht sehr überschätzt wird und dafs man besser thut auf eine zweckmäfsige Auswahl der für die Messungen bestimmten Individuen und eine gröfsere Vervielfältigung der Beobachtungen bedacht zu seyn als der Bestimmung einzelner Winkel eine ängstliche Sorgfalt zu widmen. Man wird dann im Laufe der Untersuchung von selbst auf diejenigen Ausnahmefälle geführt, bei welchen die Anwendung der feinsten Hülfsmittel von wirklichem Nutzen ist.

Beobachtungen geben in Uebereinstimmung mit den früheren ab mit grofser Wahrscheinlichkeit $= 67° 48'$ und $ag = 47° 31'$ bis $47° 41'$. Für den mittleren Werth $47° 36'$ ist oben das Verhältnifs $a:b$ berechnet.

8. *Hausmannit* von Ilmenau. Ich habe 12 mit No. 2 bis 13 bezeichnete Krystalle der Combination des Hauptoctaëders $e = 111$ mit dem stumpferen $s = 113$ der Messung unterworfen und folgende Resultate erhalten.

I. Für den Polkantenwinkel ee' des Hauptoctaëders.

	A.	C.	B.
No. 7	74° 9′ 36″	74° 5′ bis 74° 14′	4
4	74 9 48	74 7 » 74 13	4
3	74 10 0		1
9	74 10 0		1
2	74 10 24	74 9 » 74 13	4
6	74 11 42	74 2 » 74 18	4
8	74 12 12	74 6 » 74 18	4
5	74 13 12	74 11 » 74 16	3

überhaupt 25 Werthe zwischen den Gränzen 74° 2′ und 74° 18′, deren Mittel = 74° 10′ 18″.

II. Für den Polkantenwinkel ss' des stumpferen Octaëders [1]).

	A.	C.	B.
No. 13	39° 23′ 19″	39° 21′ bis 39° 26′	6
12	39 25 42	39 20 » 39 29	4
4	39 28 33	39 26 » 39 31	4
2	39 28 42	39 26 » 39 32	6
10	39 29 26	39 28 » 39 31	3
11	39 30 12	39 27 » 39 33	5
3	39 32 26	39 30 » 39 35	6
8	39 32 42	39 25 » 39 39	6

überhaupt 40 Werthe zwischen den Gränzen 39° 20′ und 39° 39′, deren Mittel = 39° 28′ 57″.

III. Für den Combinationskantenwinkel es.

11 Werthe zwischen 29° 51′ und 30° 1′, deren Mittel = 29° 56′ 42″.

Aus den für ss' erhaltenen Resultaten unter II ergeben

1) Zum Theil durch Rechnung aus der gemessenen Neigung ss''.

sich für ee' die Gränzwerthe 74° 2' und 74° 16' und der mittlere 74° 8' 50" so wie für $\dot{e}s$ die mittlere Neigung 29° 57' 21" also mit den Beobachtungen I und III sehr gut harmonirend, so zwar, dafs die noch übrig bleibende geringe Differenz in Betracht der vergleichsweise ungünstigen Beschaffenheit der Flächen e lediglich diesen letzteren Beobachtungen zugeschoben und

$$ee' = 74^\circ\ 9'$$ [1])

als wahrscheinlichster Werth angesehen werden mufs. Die Mittelkante ist dann 63° 1' und das Axenverhältnifs

$$1 : 0{,}8669$$

approximativ $= 1 : 0{,}8660 = 2 : \sqrt{3}$ (für $ee' = 74^\circ\ 10'\ 24''$).

9. *Anatas*. An hyacinthrothen Krystallen von Tremadoc in Wales, in deren Begleitung Albit und Quarz aber nicht der von demselben Fundort bekannte Brookit sich findet, beobachtete ich die Fig. 15 Taf. IV dargestellte Combination $k = 112$, $o = 107$. Beide Formen sind neu. Die erste erwies sich wegen starker horizontaler Streifung zu sehr genauen Messungen nicht geeignet.

	Beobachtet.	Berechnet.
$kk' =$	66° 46'	67° 13'
	66 58	
$ok =$	42 9	42 19
	42 10	
$kp' =$	76 54	76 43 [2])
	77 10	

Um so beachtenswerther sind die für das Octaëder o erhaltenen Resultate, dessen Flächen ausgezeichnet spiegeln. Am besten, mit No. 8 bezeichneten Krystall war

$$oo' = 20^\circ\ 2'\ 0''$$
$$o'o'' = 20\ \ 3\ 24$$
$$o''o''' = 20\ \ 1\ 0$$
$$o'''o = 20\ \ 2\ 18$$
$$oo'' = 28\ \ 30\ 12$$
$$o'o''' = 28\ \ 29\ 0$$

1) 74° 35' ist die gewöhnliche Angabe der Lehrbücher.

2) p' bedeutet eine durch Spaltung erhaltene Fläche des Hauptoctaëders. Die Spaltung nach der Endfläche habe ich nicht hervorbringen können

Aus den letzten beiden Werthen folgen für die Polkante die Winkel 20° 2′ 58″ und 20° 2′ 10″. Je nachdem man den einen oder anderen mit den vier beobachteten Werthen zusammenfafst, gehen die Mittel 20° 2′ 20″ und 20° 2′ 10″ hervor, von welchen, wenn noch ein Unterschied gemacht werden darf, der letztere den Vorzug verdient.

Bei einem zweiten Krystall No. 6 beobachtete ich

$$oo' = 20^\circ\ 5'\ 42''$$
$$o'o'' = 20\quad 3\ 21$$
$$o''o''' = 19\quad 58\ 0$$
$$o'''o = 20\quad 1\ 42$$

bei einem dritten No. 7

$$oo' = 20^\circ\ 4'\ 30''$$
$$o'o'' = 20\quad 0\ 18$$
$$o''o''' = 20\quad 5\ 36$$

Die äufsersten Werthe sind hiernach 19° 58′ und 20° 6′ und der wahrscheinlichste wie oben 20° 2′ 10″. Für die Polkante des Hauptoctaëders aber würde daraus folgen $pp' = 82^\circ\ 8'\ 28''$ zwischen den Gränzen 82° 5′ 30″ und 82° 11′ 30″.

Ein ausgezeichneter Krystall vom Dauphiné (mit No. 3 bezeichnet) gab folgende Resultate, ein jedes im Mittel aus 9 Repetitionen, welche höchstens um die beigesetzte Gröfse differirten,

		Diff.		
	82° 8′ 48″	= 2′	aus $p'p''' =$	136° 36′ 48″
	82 9 0	4	$pp'' =$	136 37 12
$p''p''' =$	82 9 0	3		
$pp' =$	82 9 24	1		
$pp''' =$	82 9 30	1		
$p'p'' =$	82 9 48	3		

drei andere derselben Localität

	A	C.	B.
No. 5	82° 7′ 58″	82° 6′ 20″ bis 82° 9′	5
15	82 9 30	82 7 30 » 82 11	3
4	82 9 36	82 6 » 82 13 12″	8

und hieraus gehen die Gränzwerthe $pp' = 82^\circ\,6'$ und $82^\circ\,13'$ so wie der mittlere $82^\circ\,9'\,7''$ hervor.

Weit gröfsere Schwankungen zeigen die Krystalle vom St. Gotthardt, denn eine Reihe von 44 Beobachtungen an 13 Exemplaren endet einerseits bei $81^\circ\,56'$ und anderseits bei $82^\circ\,23'$. Gleichwohl ist das Mittel $82^\circ\,9'\,36''$ nur um respective 1 Min. und $\frac{1}{2}$ Min. von demjenigen verschieden, welches oben für die Krystalle von Wales uud vom Dauphiné erhalten wurde, ein Beweis wie mir scheint, dafs jene Schwankungen ganz zufällig sind uud dafs man berechtigt ist den mittleren Werth für den wahrscheinlichsten zu halten (was *a priori* nicht behauptet werden kann).

Fafst man diese Resultate zusammen, so ergiebt sich, dafs den Krystallen der drei betrachteten Localitäten ein und derselbe Polkantenwinkel zukommt und dafs kaum ein Fehler von $\frac{1}{2}$ Min. zu befürchten ist, wenn man diesen Winkel den Beobachtungen am besten Dauphinéer Krystall No. 3 zufolge gleich $82^\circ\,9'\,15''$ annimmt.

Das Axenverhältnifs ist danach

$$0{,}56228:1$$

approximativ $= 0{,}56250:1 = 9:16$ (für $pp' = 82^\circ\,8'\,57''$)

oder $0{,}56195:1 = \sqrt{6}:\sqrt{19}$ (für $pp' = 82\;\;9\;\;45$).

Die älteren Bestimmungen anlangend freue ich mich zu finden, dafs die genaueste, welche wir Miller verdanken und welche auch v. Kokscharow [1]) durch sehr sorgfältige Messungen an Sibirischen Anatasen bestätigt gefunden hat, mit der meinigen völlig übereinstimmt. Descloizeaux [2]) setzt für die Krystalle von Brasilien $pp' = 82^\circ 6' 28''$, hat aber bei seiner Untersuchung offenbar mehr eine Entwicklung der Combinationsverhältnisse wie eine genaue Bestimmung der Grundform im Auge gehabt.

Ueber die mit Chlorit vorkommenden Anataskrystalle von Tavistock in Devonshire, welche ich am wenigsten geeignet für genaue Beobachtungen gefunden habe, bemerke ich nur, dafs an ihnen ein bisher nicht bekanntes Octaëder

1) Materialien zur Mineralogie Rufslands, Petersburg, 1853.

2) *Ann. de Chim. et de Phys.* 3. *sér.* X.

$x = 337$ in Combination mit dem Hauptoctaëder, der Endfläche c und dem Prisma erster Ordnung zu sehen ist.

	Beobachtet.	Berechnet.
$px =$	20° 42′	21° 10′
	20 53	
	20 58	
	21 5	
$cx =$	47 6	47 10
	47 23	
	47 28	
	47 29	

10. *Honigstein* von Artern. An 12 mit der gröfsten Sorgfalt ausgewählten Krystallen habe ich für den Polkantenwinkel folgende Resultate erhalten:

	A.	*C.*	*B.*
No. 1	61° 42′ 48″	61° 30′ bis 61° 52′	11
2	61 43 24	61 38 » 61 50	12
3	61 44 0	61 41 » 61 47	5
4	61 44 24	61 25 » 61 56	9
5	61 44 30	61 40 » 61 49	2
6	61 44 54	61 37 » 61 52	7
7	61 46 30	61 23 » 62 10	23 [1])
8	61 47 0	61 40 » 61 59	11
9	61 47 18	61 43 » 61 52	3
10	61 49 0	61 36 » 61 57	9
11	61 51 24	61 44 » 61 56	7
12	61 53 48	61 45 » 61 58	10

oder, indem ich ohne Rücksicht darauf, ob an diesem oder jenem Individuum beobachtet, die zusammengehörigen Winkelwerthe vereinige und deren Mittel unter *A* so wie die diesen entsprechenden Werthe des Polkantenwinkels unter *D* aufführe,

1) Dieser Fall, wo bis auf einen sämmtliche Kantenwinkel gemessen wurden, ist bemerkenswerth, weil des grofsen Spielraums ungeachtet, innerhalb dessen die erhaltenen Werthe sich ziemlich gleichmäfsig vertheilen, das Mittel aus allen von der Wahrheit nur wenig entfernt ist, mithin die Veranlassung der Schwankungen wieder nur in *zufälligen* Umständen gesucht werden kann, welche den Krystallisationsprocefs begleiteten.

A.	C.	B.	D.
$rr' = 61^\circ\,46'\,24''$	$61^\circ\,24'$ bis $62^\circ\;5'$	32	$61^\circ\,46'\,24''$
$rr_{\prime\prime\prime} = 118\;\;12\;\;9$	117 50 » 118 37	27	61 47 51
$rr'' = 93\;\;4\;\;8$	92 53 » 93 19	24	61 45 21
$r''r_{\prime\prime} = 86\;\;54\;\;55$	86 39 » 87 9	26	61 45 53

Hieraus ergiebt sich als wahrscheinlichster Werth

$$rr' = 61^\circ\,46'$$

und das Axenverhältnifs

$$a:c = 1{,}3400:1 = 67:50$$

approximativ $= 1{,}3416:1 = 3:\sqrt{5}$ (für $rr' = 61^\circ\,43'41''$).

Diesem Resultat kommen die Angaben von Kupffer [1]) sehr nahe, der für Polkante und Mittelkante eines wie es scheint ausgezeichneten Krystalls die gut correspondirenden Werthe 61° 46′30″ und 86° 55′ erhalten hat. Kenngott [2]) hat ebenfalls beide Winkel gemessen, ist aber in der Wahl des Krystalls weniger glücklich gewesen, denn aus dem beobachteten Mittelkantenwinkel 86° 58′ berechnet sich der Polkantenwinkel zu 61° 44′, während die angestellte Messung 61° 49′ ergab. Ersterem Werthe giebt Kenngott den Vorzug. Nach G. Rose ist der Polkantenwinkel = 61° 46′ 41″, nach Breithaupt 61° 43′ 42″, nach Phillips 61° 43′, alles Werthe, die von dem oben erhaltenen nur wenig abweichen, von welchen ich aber nicht habe erfahren können, ob sie durch Messungen mehrerer Winkel oder nur eines einzigen erhalten wurden.

1) Preisschrift über Messung der Winkel an Krystallen, S. 121

2) Mineralogische Untersuchungen, Heft I, S. 17.

IV. *Ueber die optischen Eigenschaften einiger Krystalle des tesseralen Systems; von Dr. H. Marbach in Breslau.*

Für die Krystalle, deren Grundform ein Würfel, ein regelmäfsiges Octaëder oder ein Granatoëder ist, gilt das Gesetz, dafs dieselben, wie die sogenannten amorphen Körper, in allen Richtungen in gleicher Weise auf das Licht wirken, dasselbe einfach brechen und in Rücksicht auf die Polarisation von den Krystallen anderer Symmetrie wesentlich abweichen. Dieses Gesetz hat wenigstens scheinbare Ausnahmen gefunden. Brewster entdeckte zuerst die Doppelbrechung des Analcim; er bezeichnete denselben als »mit unzähligen Axen doppelter Brechung« begabt, weil der Analcim mehrere zu seinen Krystallflächen symmetrisch gelegene, aber einzelne Ebenen zeigt, in denen nach jeder Richtung die Doppelbrechung fehlt. Ein anderer merkwürdiger Unterschied dieses Krystalls von den eigentlich doppeltbrechenden Krystallen besteht darin, dafs jedes Theilchen eine andere Wirkung auf das Licht ausübt; wie diefs bei geprefsten oder erhitzten Gläsern der Fall ist. Von letzteren ist der Analcim aber in sofern ganz verschieden, als die Gläser durch Zertheilen die Spannung und die von derselben bedingte Doppelbrechung in allen Theilen ändern, wogegen ein Stück eines Analcim abgebrochen noch dieselbe Erscheinung hervorbringt, als vorher am ganzen Krystall. Leucit und Boracit verhalten sich ähnlich. Biot fand mehrere in dem tesseralen Systeme krystallisirende Substanzen, namentlich Alaun, Flufsspath, Kochsalz, welche sehr bemerklichen Einflufs auf polarisirtes Licht haben, in verschiedenen Stellungen verschieden wirken und dadurch auf das Vermögen, das Licht (wenigstens in einzelnen Theilen) doppelt zu brechen, schliefsen lassen. Biot nannte diese Klasse von Erscheinungen *polarisation lamellaire* und erklärte dieselbe durch die Annahme eines lamellenartigen

Baues jener Krystalle. Mitscherlich fand (nach einer Mittheilung von Biot in den *compt. rend.* 1846), dafs chlorsaures Natron die *polarisation lamellaire* besitze. — Die nicht tesseralen, die eigentlich doppeltbrechenden Krystalle haben oft ähnliche Wirkungen, und diese treten dann modificirend — für den Beobachter oft sehr störend — zu den wesentlich optischen Eigenschaften hinzu.

In vorliegendem Aufsatze werde ich die von mir beobachteten und bisher noch nicht beschriebenen optischen Wirkungen einiger Krystalle des tesseralen Systems darstellen. Ich erlaube mir noch die Bemerkung vorauszuschicken, dafs die von mir bei einigen tesseralen Krystallen aufgefundene circulare Polarisation des Lichts bisweilen von der *polarisation lamellaire* begleitet ist.

In der Beschaffung des zu untersuchenden Materials bin ich von mehreren Freunden, namentlich aber vom Hrn. Prof. Duflos, auf das Bereitwilligste unterstützt worden. Für die Beobachtungen selbst bediente ich mich in manchen Fällen eines Polarisations-Mikroskops, und zwar unter Anwendung nur schwacher Vergröfserungen, in anderen Fällen eines anderen, mit einer guten Kreistheilung versehenen Polarisations-Instruments. In allen hier zu beschreibenden Beobachtungen wurde der Krystall so eingestellt, dafs derselbe ganz und deutlich gesehen wurde, so dafs die in das Auge gelangenden Strahlen nahe parallel waren.

Nicht selten bemerkt man die hier zu beschreibenden Erscheinungen, begleitet von derartigen, wie sie geprefste Gläser zeigen. Man kann dann Sprünge im Krystall als die Ursache von entstandenen Pressungen erkennen, oder durch Zertheilen des Krystalls jene Wirkungen von denen anderer Art unterscheiden. Ebenso unterscheidet man leicht die Wirkung von eingeschlossenen oder aufliegenden Krystallen einer doppeltbrechenden Substanz, welche der Flüssigkeit zufällig beigemengt gewesen ist, aus der sich der beobachtete Krystall gebildet hat. Sehr störend ist dagegen Unklarheit der Masse eines Krystalls und Unebenheit seiner

Oberflächen, namentlich, weil diese Umstände bekanntlich depolarisirend wirken.

Die beobachteten Krystalle sind:

1) bromsaures Nickeloxydul, $NiO + BrO_5 + 6HO$
2) bromsaures Kobaltoxydul, $CoO + BrO_5 + 6HO$
3) salpetersaurer Strontian, $SrO + NO_5$
4) salpetersaurer Baryt, $BaO + NO_5$
5) salpetersaures Bleioxyd, $PbO + NO_5$
6) chlorsaures Natron, $NaC + ClO_5$
7) bromsaures Natron, $NaO + BrO_5$
8) essigsaures Uranoxyd-Natron, $(NaO + 2Ur_2O_3) + 3C_4H_3O_3$.

Die fünf ersteren Salze zeigen die *polarisation lamellaire*, die drei letzteren circulare Polarisation des Lichts; einzelne Krystalle zeigen, die circulare Polarisation, verbunden mit der *polarisation lamellaire*.

Das *bromsaure Nickeloxydul* krystallisirt in regelmäfsigen Octaëdern, deren Ecken durch Würfelflächen abgestumpft sind. Hr. Prof. Rammelsberg hatte die Güte, mir Krystalle von 2 Linien Seite von diesem und dem Kobalt-Salze zuzustellen. Das Nickelsalz ist, wie andere Salze derselben Basis, grün, schön durchsichtig und in den gewöhnlichen Temperaturen beständig. Die Krystalle dieses Salzes wirken stark auf das polarisirte Licht. Ich beobachtete die Krystalle mittelst eines Polarisations-Mikroskops, wendete aber nur eine etwa 15 malige Vergröfserung an. Ein Plättchen von bromsaurem Nickeloxydul, parallel einer Würfelfläche geschnitten, stellt das verdunkelte Licht im Polarisations-Apparate wieder her. Wenn die Polarisations-Ebenen des letzteren senkrecht auf einander gestellt sind, und die Krystallplatte in ihrer Ebene gedreht wird, so erscheint sie verdunkelt, sobald ihre (zu den Lichtstrahlen senkrechten, in der Ebene der Platte gelegenen) Octaëder-axen 45 Grad mit den Polarisations-Ebenen bilden; die gröfste Helligkeit erhält das Gesichtsfeld, wenn jene Axen in die Polarisations-Ebenen fallen. In dem grünen Gesichtsfelde bildet sich hierbei ein schwarzes Kreuz, dessen Arme

parallel den Octaëderaxen gelegene, scharfbegränzte, gleichbreite Striche sind, von denen ich im nicht polarisirten Lichte keine Andeutung bemerken konnte. Ein Plättchen, parallel einer Octaëderfläche geschnitten, stellt eine sechsseitige Tafel dar, welche, im Polarisations-Apparate betrachtet, sich in sechs gleiche, dreiseitige Felder theilt, indem diese beim Drehen des Krystalls bald an Helligkeit verschieden, bald durch schwarze radiale Streifen von einander getrennt sind. Wenn man ein solches Plättchen dreht, während die Polarisations-Ebenen senkrecht auf einander stehen, so erscheinen zwei gegenüberliegende Felder verdunkelt, wenn sie von der Polarisations-Ebene des Polarisators oder des Zerlegers halbirt werden, die anderen Felder sind von mittlerer Helligkeit und durch einen schwarzen diagonalen Strich getrennt, der mittlere Theil dieser Felder ist dunkler. Dreht man aus dieser Stellung den Krystall um 30 oder 60 Grad, so sind je zwei andere Felder verdunkelt; dreht man ihn um 90 Grad, so erscheinen dieselben Felder dunkel; dreht man ihn aber um 15 Grad aus der ersten Lage, so erscheinen alle Felder hell und durch schwarze Striche von einander getrennt; diejenigen Felder sind am hellsten, deren radiale Halbirungsgrade 45 Grad mit den Polarisations-Ebenen bilden. Mit anderen Worten: Wenn der Winkel, welchen die Halbirungsgrade eines der Felder mit der einen Polarisations-Ebene bildet, von 0 bis 45 Grad wächst, so nimmt die Helligkeit dieses Feldes zu; wächst jener Winkel bis 90 Grad, so nimmt die Helligkeit wieder ab bis zum Verschwinden. Nicht an allen Krystallen, die ich beobachtete, ist die Erscheinung so regelmäfsig; die dunkleren Streifen bilden oft viereckige Felder, aber immer tritt bei den, parallel der Octaëderfläche geschnittenen Platten der Uebergang der gröfsten Dunkelheit von einem zum benachbarten Felde ein, wenn man den Krystall um 30 Grad (um die Lichtstrahlen als Axe) dreht; und immer tritt der Uebergang der gröfsten Dunkelheit in die gröfste Helligkeit bei demselben Felde ein, wenn der Krystall um 45 Grad ge-

dreht wird. Dreht man eine der beiden Polarisations-Ebenen des Instruments, so ändert sich nicht blofs die Helligkeit, sondern auch die Farbe. Die hellsten Theile sind bei gekreuzten Polarisations-Ebenen blaugrün, bei parallelen Polarisations-Ebenen gelbgrün; oft treten auch bräunlichgrüne und blauschwarze Farben auf. Die erwähnten schwarzen Striche verschwinden, wenn die Polarisations-Ebenen parallel sind. — Ein abgebrochenes Stück wirkt ganz ebenso, als es zuvor am ganzen Krystall wirkte. Hervorzuheben ist, dafs die beschriebenen optischen Wirkungen wesentlich von der Dicke abhängen.

Es zeigen sehr dünne Krystalle des bromsauren Nickeloxyduls keine bemerkbare Wirkung; Krystalle, die, aus einem grofsen Tropfen der Lösung gebildet, eine Dicke von 0,055 par. Linien (und eine Breite von $\frac{3}{4}$ Lin.) erlangten, zeigen die beschriebenen Wirkungen in einem Polarisations-Mikroskop schon ziemlich deutlich; allein die dunkleren Stellen werden nicht ganz schwarz, sondern nur bräunlich, und die helleren Stellen zeigen nur schwaches Licht; die dargestellten Erscheinungen sind aber erkennbarer bei einer Dicke von $\frac{1}{2}$ bis 1 Linie. Bei den unvollständig ausgebildeten Krystallen bemerkt man mit dem Mikroskope im gewöhnlichen Lichte sehr deutlich die erwähnte sternförmige Figur durch die Krystallisation angedeutet.

Obwohl ich eine Drehung der Polarisations Ebene durch diese Krystalle nicht ganz sicher beobachten konnte, bin ich doch geneigt, eine solche zu vermuthen; theils wegen der zuletzt angeführten Umstände, namentlich aber wegen der Analogie dieser Erscheinungen mit denen des bromsauren Natrons. Es scheinen die Krystalle des Nickelsalzes Lamellen einer Substanz, die sich von der übrigen Masse unterscheidet, zu enthalten, welche in den Ebenen der Octaëderaxen liegen, doppeltbrechend wirken und die Wirkung der Circular-Polarisation, wenn sie da ist, verhüllen. Wurde nicht polarisirtes Licht durch den Krystall und dann durch eine dichroskopische Lupe geführt, so konnte ich keine

keine Verschiedenheit in der Färbung der beiden resultirenden Bilder bemerken.

Das *bromsaure Kobaltoxydul* bildet Krystalle von derselben Gestalt als das Nickelsalz; seine Farbe ist roth, und seine optischen Wirkungen sind im Wesentlichen dieselben, als die des Nickelsalzes. Es gehören aber dickere Krystalle dazu, um die Erscheinungen wahrzunehmen. Sind die Polarisations-Ebenen des Apparates senkrecht auf einander gestellt, so scheint die Farbe des Krystalls mehr bläulichroth; stehen jene Ebenen einander parallel, so ist die Farbe mehr gelbroth.

Der *salpetersaure Strontian* $SrO + NO_5$ krystallisirt in Octaëdern mit untergeordneten Würfelflächen [1]). Die Krystalle von zwei Linien Durchmesser opalisiren stark; nur kleine Exemplare sind durchsichtig. Sieht man durch zwei Würfelflächen und stellt die Polarisationsebenen des Instruments senkrecht auf einander, so sieht man ein Kreuz, gebildet von zwei scharf begränzten hellen Geraden, von denen eine jede eine Diagonale zu der erwähnten Würfelfläche bildet; da diese Flächen aber als Abstumpfungen am Octaëder auftreten, so sind jene beiden Geraden parallel den Kanten des Würfels, wenn dieser vollständig gedacht wird. Dreht man den Krystall, so dafs die erwähnten beiden hellen Geraden in die beiden Polarisations-Ebenen fallen, so werden sie dunkel. Es entsprechen jene hellen Linien am ganzen Krystall drei Schichten, die man sich durch die drei Axenebenen des Octaëders gelegt denken kann, dasselbe in acht Pyramiden zerfällen, und aus einer doppeltbrechenden Substanz bestehen, deren krystallographische (und optische) Hauptebenen mit denen des Octaëders zusammenfallen. Durch jeden kleinsten Theil jener Schichten gehen zwei Systeme von Strahlen, von denen ein jedes System polarisirt ist, parallel einer Würfelfläche (oder Octaëderaxenebene). Die Theile neben jenen hellen Streifen erscheinen gleichfalls erhellt zwischen den gekrenzten Polarisations-Ebenen des Apparats und wechseln die Hel-

1) Mit 5 Aeq. Wasser krystallisirt er im monoklinischen System.

ligkeit, sind aber fleckig und weniger hell, als das erwähnte Kreuz. Ich schliff Plättchen, parallel den Würfelflächen geschnitten, von der Dicke einer Viertellinie und fand die angegebene Erscheinung noch deutlicher, als bei dickeren Platten. An Krystallen, deren Dimensionen sehr ungleich ausgebildet waren, so dafs eine Würfelfläche oblong erschien, zeigten sich die beiden erwähnten hellen Striche dennoch senkrecht auf einander; allein im mittleren Theile mufste auf diese Art ein undeutlicher Fleck entstehen. Wurde ein Blättchen zerspalten, so zeigte jeder Theil noch dasselbe, als am ganzen Krystall. Durch die Octaëderflächen konnte nicht deutlich hindurch gesehen werden, ohne dafs die Flächen angeschliffen wurden; es war eine entschiedene Wirkung auf das polarisirte Licht zu bemerken und ein Wechsel dieser Wirkung, wenn das Krystallplättchen in seiner eigenen Ebene gedreht wurde.

Der *salpetersaure Baryt* krystallisirt in Octaëdern; oft ist das Ansehen der Krystalle den vorerwähnten ähnlich, nämlich das einer sechsseitigen Tafel; oft aber erscheinen die Krystalle so verzerrt, dafs man sich schwer überzeugt, dafs dieselben tesserale sind. Die Randtheile der Krystalle sind klar, sie opalisiren nicht, wie die des Strontiansalzes. Während viele Krystalle ebenso, wie die Strontiankrystalle wirken, zeigen andere, aus einer anderen Auflösung dargestellte, gar keinen Einflufs auf das polarisirte Licht.

Das *salpetersaure Bleioxyd* krystallisirt gewöhnlich in undurchsichtigen, weifsen Octaëdern; doch erhält man auch Krystalle, deren Randtheile wenigstens ganz klar sind. Ich habe schöne, einen halben Zoll grofse Krystalle untersucht, an denen aber gleichfalls der Kern undurchsichtig ist. Diese Krystalle haben aufser Octaëder- und Würfel- auch Pyritoëderflächen, und mehrere haben ganz das Ansehen hexagonaler Krystalle. Dieselben nehmen leicht eine gute Politur an und stellen in ihren durchsichtigen Theilen das durch Polarisation verschwundene Licht wieder vollständig her; wurde der Krystall um die Strahlen (als Axe) gedreht, so änderte sich die Erscheinung; einzelne Theile erschienen

abwechselnd hell und dunkel. Als ich durch zwei Würfelflächen, durch die Dicke von 0,3 Zoll sah, bemerkte ich, dafs das Gesichtsfeld am dunkelsten wurde, ohne ganz zu verfinstern, wenn die Ebenen der Octaëderaxen in die (gekreuzten) Polarisations-Ebenen fielen. Wurden letztere Ebenen einander parallel und zwei Octaëderaxen des Krystalls um 45 Grad gegen dieselben geneigt gestellt, so zeigten sich ebenso lebhafte Farben, als bei dem Analcim oder bei schnell gekühltem Glase. Bestimmtere Resultate konnte ich nicht erlangen wegen der theilweisen Unklarheit der Krystalle; ich bemerke nur noch, dafs eine Wirkung auf polarisirtes Licht in jeder Richtung des Krystalls zu beobachten war und im abgeschlagenen Stücke auch hier, wie am ganzen Krystalle sich zeigte.

Das *chlorsaure Natron.* Die in diesen Annalen Bd. 91, S. 482 beschriebenen Wirkungen der Krystalle des chlorsauren Natrons erleiden bei manchen Exemplaren Modificationen, welche der Art sind, wie die *polarisation lamellaire.* Ich erlaube mir, diese Modificationen hier zu beschreiben, weil sie vielleicht Jemanden, der die Beobachtungen zu prüfen geneigt wäre, stören könnten, und weil sie auch an sich nicht ohne Interesse sind. Bei manchen Krystallen nämlich zeigen sich in dem intensiv gefärbten Gesichtsfelde weifse Flecke, die bei einer der Krystallplatte gegebenen Drehung in ihrer eigenen Ebene abwechselnd verschwinden und wieder entstehen. Diese weifsen Flecke nehmen in manchen Exemplaren eine bestimmte Form an. Legt man ein derartiges Exemplar so in das verdunkelte Gesichtsfeld des Polarisations-Instrumentes, dafs je ein Paar der Würfelflächen einer der Polarisations-Ebenen parallel wird, und durch das dritte Paar von Würfelflächen das Licht geht, so zeigen sich vier weifse Flecke auf gefärbtem Grunde. Dieselben bilden ein in der Mitte nicht zusammenhängendes Kreuz und werden durch zwei Gerade symmetrisch geschnitten, welche 45° gegen die dem Lichte parallelen Würfelflächen geneigt liegen. Dreht man den Zerleger, so wird der farbige Grund geändert; hat dieser die dunkelste, die

violette Färbung angenommxn, so sind jene Flecke am deutlichsten; dieselben werden ganz unbemerkbar, wenn bei weiterem Drehen das Gesichtsfeld wieder sehr hell wird. Sind die Flecke recht deutlich hervortretend geworden, so werden sie durch eine dem Krystalle gegebene Drehung undeutlicher; sie verschwinden vollständig, wenn die den Lichtstrahlen parallelen Würfelflächen 45 Grad gegen die Polarisations-Ebenen geneigt sind; in diesem Falle verhält sich der Krystall ganz, wie ein gewöhnlicher Krystall dieses Salzes. Ich habe einen Krystall, welcher die beschriebene Wirkung zeigte, zersägt und fand die Stücke in derselben Weise, als am ganzen Krystall wirkend.

Das *bromsaure Natron* wird als isomorph dem chlorsauren Natron angeführt. Ich erhielt zuerst nur prismatische Krystalle dieses Salzes, welche ganz, wie alle doppeltbrechenden Medien, auf das Licht wirkten. Dann aber kam ich durch die Güte des Hrn. Dr. Landolt in Besitz von octaëdrischen Krystallen, deren Ecken durch Würfelflächen abgestumpft sind. Als ich durch 2 Octaëderflächen, deren Breite etwa 2 Linien und deren gegenseitiger Abstand 1 Linie betrug, das polarisirte Licht leitete und mit dem Zerleger untersuchte, zeigte sich bei gekreuzten Polarisations-Ebenen das Gesichtsfeld hellblau. Drehte ich nun den Krystall in seiner eigenen Ebene, so änderte sich die Erscheinung wiederholt. Ich bemerkte die sechsseitig erscheinende Octaëderfläche in drei gleiche Theile vom Mittelpunkte aus getheilt; der eine dieser Theile war dunkelblau und wurde von einer der beiden (auf einander senkrecht gestellten) Polarisations-Ebenen halbirt, ein dunkelblauer Strich theilte die beiden anderen Drittheile. Wurde der Krystall um 30° gedreht, so trat ein anderes der drei Felder in die Lage, daſs es von einer der beiden Polarisations-Ebenen halbirt wurde; es wurde nunmehr dieses Feld das dunklere, die beiden anderen waren heller und gleich. Nach einer Drehung um 90° war jede Stelle ebens[o] gefärbt, als zuvor. Wurde der Krystall aus der Stell[ung] welcher die beschriebene Wirkung eintrat, um

gedreht, so erschien der ganze Krystall ziemlich gleichmäfsig blau gefärbt. Drehte ich nun den Zerleger nach der einen Seite, so wurde das hellblaue Feld dunkelblau, dann violett, roth, gelb und sehr bald ganz farblos hell; durch eine Drehung des Zerlegers nach der entgegengesetzten Seite ging das Hellblau in Farblos über. Je dunkler die erreichte Farbe war, desto deutlicher trat die oben beschriebene Figur hervor. Wurde bei irgend einer Farbe der Zerleger stehen gelassen und der Krystall gedreht, so änderte sich nur die Figur, nicht aber die Farbe. Um die angegebene Reihenfolge der Farben zu erhalten, ist bei einigen Krystallen erforderlich, den Zerleger links zu drehen, bei anderen, ihn rechts zu drehen. Sieht man also von der beschriebenen Figur ab, so sind alle Erscheinungen, wie bei sehr dünnen Platten links oder rechts circularpolarisirenden Quarzes.

Die beschriebene Erscheinung kann man auf folgende Weise im Wesentlichen nachahmen. Ich schnitt aus einem Glimmerblatt drei Stücke, welche Winkel von 120° besafsen, und zwar in der Weise, dafs diese Winkel von der Hauptebene des Glimmers (der Ebene der optischen Axen) halbirt waren. Diese drei Glimmerblätter legte ich mit den erwähnten Winkeln auf einer Glasplatte an einander, stellte darauf eine zwei Zoll hohe Säule von Terpentinöl und brachte diesen Apparat in das Polarisations-Instrument. Man wird leicht finden, dafs dieser Apparat bei seiner Drehung nach optischen Gesetzen im Wesentlichen so wirken mufs, wie ich von dem bromsauren Natron beschrieben habe.

Mittelst einer etwa 15maligen Vergröfserung konnte ich im nicht polarisirten Lichte bei einigen solchen Krystallen auf der Oberfläche sehr zarte Linien bemerken in der Weise, wie man beim Kalkspath und Aragonit bemerkt, wenn diese Mineralien von eingelagerten Schichten durchschnitten sind. Auch hier wirkten die Stücke eines Plättchens, wie vorher am ganzen Krystall. Eine Platte von 0,87 par. Linien Dicke erforderte eine Drehung von $5\frac{1}{2}$°,

um die *teinte de passage* zu erhalten, so dafs die Drehung für die Dicke einer Linie $6\frac{1}{3}°$ beträgt. Ich will noch bemerken, dafs, wenn man die Beobachtung mit einer bedeutenden Vergröfserung vornimmt, die beschriebene Figur nicht wahrgenommen wird und die Erscheinung ganz rein den dünneren Schichten einer anderen circular polarisirenden Substanz gleicht.

Das *essigsaure Uranoxyd-Natron.* Dieses Doppelsalz, zuerst vom Hrn. Prof. Duflos dargestellt, krystallisirt in Tetraëdern, deren Ecken durch Granatoëderflächen zugespitzt sind. Die Krystalle sind schön durchsichtig, grünlichgelb, werden aber durch längeres Liegen an der Luft nach und nach auf der Oberfläche zersetzt und dadurch undurchsichtig gelb. Läfst man das polarisirte Licht durch zwei parallele Flächen des Krystalls — etwa zwei Granatoëderflächen oder zwei künstliche Flächen — hindurchgehen und stellt die Polarisations-Ebene des Zerlegers senkrecht auf die erste Polarisations-Ebene, so erscheint der Krystall bläulichgrün; dreht man den Krystall, so ändert sich die Erscheinung gar nicht; dreht man dagegen den Zerleger, so ändert sich die genannte Farbe schnell in Blau, Dunkelroth, Gelb; bei entgegengesetzter Drehung des Zerlegers geht das Grün alsbald in die gelbe Farbe über, welche der Krystall direct zeigt. Unter etlichen 20 Krystallen, welche ich untersuchen konnte, befanden sich einige, welche eine rechte Drehung des Zerlegers erforderten, andere, welche eine linke erforderten, wenn das Grün durch Blau in Dunkelroth übergehen sollte. Von einer *polarisation lamellaire* habe ich bei jenen Krystallen keine Andeutungen gefunden. Ein Krystall von $1\frac{1}{2}$ par. Linien Dicke zeigte das Gesichtsfeld am dunkelsten, wenn der Zerleger ungefähr 6 Grad gedreht war. Wie sich erwarten läfst, findet diese Erscheinung in allen Richtungen des Krystalls in gleichem Grade statt. Eine 9 Zoll lange Röhre, mit concentrirter Lösung dieses Salzes gefüllt, brachte keine merkbare Wirkung auf das polarisirte Licht hervor.

Zum Vergleiche erlaube ich mir, zusammenzustellen, wie grofs bei den von mir beobachteten Substanzen, so wie beim Quarz, Terpenthinöl und Syrup die Drehung der Polarisations-Ebene des gelben, der *teinte sensible* complementaren Lichtes ist, wenn die Dicke der Schicht eine par. Linie beträgt. Ich bemerke, dafs die Angaben für bromsaures Natron und essigsaures Uranoxyd-Natron leicht einen Fehler von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Grad haben können.

Quarz	54	Grad	rechts	oder	links,
chlorsaures Natron	$8\frac{1}{4}$	»	»	»	»
bromsaures Natron	$6\frac{1}{3}$	»	»	»	»
essigsaures Uranoxyd-Natron	4	»	»	»	»
Zuckerlösung	1,65	»	rechts,		
Terpenthinöl	0,79	»	links.		

Das *bromsaure Kali* wird als isomorph dem bromsauren Natron bezeichnet; es ist mir aber nicht gelungen, Krystalle des Kalisalzes zu erlangen, welche deutlich ausgebildet oder als tesserale zu erkennen gewesen wären; die von mir untersuchten Krystalle verhielten sich wie gewöhnliche doppeltbrechende Stoffe.

Das *jodsaure Ammoniak* krystallisirt deutlich in Würfeln mit abgestumpften Ecken. Hr. Prof. Frankenheim hatte die Güte mich darauf aufmerksam zu machen, dafs die mikroskopischen Krystalle auf das polarisirte Licht wirken. Ich fand diefs bestätigt; die durchsichtigeren Theile stellen das im Apparate verschwundene Licht wieder her, wenn vier Würfelflächen parallel den Polarisations-Ebenen liegen, und verdunkeln bei 45° Drehung.

Das *Bromkalium* zeigt in manchen Krystallisationen sehr starke Wirkung auf das polarisirte Licht. Das Licht zeigt sich in den Ebenen polarisirt, welche diagonal zu den würfelförmigen Krystallen gedacht werden können; an einzelnen Stellen des Krystalls zeigt sich das Licht depolarisirt, d. h. es verschwindet bei keiner Stellung des Krystalls.

Es wird mein Bestreben seyn, den hier behandelten Gegenstand weiter zu verfolgen, sobald ich die Gelegen-

heit gewinnen werde, das zu den Beobachtungen erforderliche Material zu erlangen. Namentlich werde ich meine Aufmerksamkeit auf die hemiëdrischen Krystalle richten.

Der Umstand, daſs es mir nicht gelungen ist, die circulare Polarisation in den Auflösungen der erwähnten Salze zu beobachten, dürfte sich durch die sehr wahrscheinliche Annahme erklären, daſs die Krystalle nicht schlechthin im Wasser, als einer indifferenten Substanz aufgelöst sind, sondern mit einem Theile desselben erst eine neue chemische Verbindung eingehen und dann sich auflösen. Hierfür spricht auch der Umstand, daſs das chlorsaure Natron beim Umkrystallisiren, wie ich anführte, seine Drehung in einzelnen Krystallen ändert. (Ich füge noch hinzu, daſs es mir bis jetzt nicht gelungen ist, circulare Polarisation durch chlorsaures Natron im heiſsen Flusse zu beobachten, die eintretende Sauerstoffentwickelung machte die Substanz zu undurchsichtig; eben so wenig gelang es in der wieder erstarrten Masse.)

Nach einigen Versuchen schien es mir, daſs auch das salpetersaure Strontian circular polarisire. Wenn es mir nicht gelungen ist, dieſs mit Bestimmtheit zu beobachten, so könnte das wohl daher kommen, daſs die Krystalle nur zu klein und das Drehungsvermögen der Substanz selbst vielleicht gering ist. Auch kann die circulare Polarisation, wie ich gezeigt habe, verhüllt seyn durch die *polarisation lamellaire* und darum habe ich geglaubt, diese letztere Klasse von Erscheinungen speciell beschreiben zu müssen. An sich scheint die *polarisation lamellaire* von untergeordneter Bedeutung zu seyn; sie tritt als Wirkung einer Störung auf, welche eine Substanz in Betreff ihres eigentlichen Gesetzes der Aggregation erleidet. Ich möchte es kaum bezweifeln, daſs den Krystallen, welche diese Wirkung zeigen, entweder eine blättrige Structur zukommt oder doppeltbrechende Schichten eingelagert sind, wenn es auch schwierig seyn dürfte, mit Bestimmtheit die Lage und Structur dieser Schicht in jedem einzelnen Falle nachzuweisen. Nur bei dem chlorsauren Natron vermag ich die beschriebene Erscheinung, —

dafs die sich bildenden Flecke farblos sind, — mir nicht durch die Annahme einer eingeschalteten doppeltbrechenden Substanz hinreichend zu erklären.

Die Wirkung eingelegter Schichten ist bei den nicht tesseralen Krystallen zum Theil leichter zu erklären, als bei den tesseralen. Beim Kalkspath z. B. sind diese Schichten nach den Gesetzen der Zwillingsbildung in die umgebende Masse eingelagert; da in Folge davon der aufserordentliche Brechungsexponent der Masse und der eingelegten Schichten in derselben Richtung verschiedene Werthe haben mufs, so sind diese Schichten nicht blofs leicht durch Reflexion zu erkennen, sondern auch ihre sonstigen Einflüsse auf das Licht zu verstehen. Wenn dagegen bei einer einfachbrechenden Substanz eine derartige Schicht eingelagert ist, so genügt nicht die Annahme, dafs dieselbe zwillingsartig, in Rücksicht ihrer Durchgänge gegen die umgebende Masse geneigt gestellt sey, indem der Brechungsexponent der Masse gleich dem der Schicht seyn würde. Vielmehr mufs man die Annahme machen, dafs die Schicht eine doppeltbrechende sey. Es tritt vielleicht bei der Bildung gröfserer Krystalle durch den fortschreitenden Act der Krystallisation eine Spannung der Theile ein, welche in bestimmten Schichten ihre gröfsten Werthe annimmt und dort eine merkliche Doppelbrechung und damit eine Wirkung auf polarisirtes Licht bedingt.

Die Annahme eingelegter Schichten erklärt nicht blofs, warum ein Stück eines solchen Krystalls, wie an dem ganzen Krystalle wirkt, sondern auch, warum von einem Punkte zum nächsten die Erscheinung variirt. Denken wir uns eine Krystallplatte von zwei gegeneinander und gegen die Oberfläche der Platte selbst geneigten doppeltbrechenden Schichten durchsetzt (wie es namentlich bei dem salpetersauren Strontian der Fall zu seyn scheint), so werden die die verschiedenen Theile der Platte durchlaufenden Strahlen eine verschiedene Aenderung erleiden müssen, weil die Wegeslängen verschieden sind, welche die Strahlen nach der ersten Doppelbrechung vor dem Ein-

dringen in die zweite doppeltbrechende Schicht durchlaufen, also diese von den Strahlen in verschiedenen Phasen der Aetherschwingungen erreicht wird. Ist die umgebende Masse selbst doppeltbrechend, so mufs schon eine einzelne Schicht diese Wirkung haben. In der That erscheint bei einem Kalkspath eine eingelagerte Schicht nicht gleichmäfsig gefärbt, obwohl dieselbe gewifs überall dieselbe Dicke besitzt.

V. *Ueber die unächte innere Dispersion der dichroïtischen Hämatin-Lösungen*; von E. Brücke.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den Sitzungsbericht. der Wiener Acad. Bd. XIII.)

In der Sitzung vom 9. December 1853 habe ich mitgetheilt, dafs der Blutfarbestoff in zwei Modificationen existirt, in einer, welche in Schichten von verschiedener Dicke ein mehr oder weniger gesättigtes Roth zeigt, und in einer anderen, welche nur in dicken Schichten mit rother Farbe durchscheinend ist, in dünnen aber mit grüner; ferner dafs das Hämatin, wenn das arterielle Blut venös wird, aus dem ersteren in den letzteren Zustand übergeht, beim Zutritte von Sauerstoffgas aber wieder in den ersteren zurückkehrt. Ich habe den ersteren Zustand den »nicht-dichroïtischen« genannt, den letzteren den »dichroïtischen«. Es ist mir brieflich von einem hochgeschätzten Freunde bemerkt worden, dafs diese Bezeichnung deshalb nicht wünschenswerth sey, weil man bekanntlich auch solche Körper dichromatische nennt, welche in verschiedenen Richtungen verschiedene Farben durchlassen. Es blieb mir aber keine Wahl, da in J. F. W. Herschel's allgemein geschätzten und auch in der Schmidt'schen Uebersetzung [1]) in Deutsch-

1) Stuttgart und Tübingen, 1831. 8°.

land sehr verbreiteten Abhandlung über das Licht die Lösungen von Chlorchrom, mangansaurem Kali, Saftgrün und anderen Körpern, die ähnliche optische Eigenschaften haben, wie das Blutroth, als dichromatisch bezeichnet werden. In meinem Falle, wo es sich um eine Flüssigkeit handelte, war auch keine Verwechselung möglich; will man aber beide Arten von Erscheinungen von einander unterscheiden ohne den Namen Dichroismus für die eine von ihnen aufzugeben, so braucht man nur die Benennungen Pachodichroïsmus und Pleurodichroïsmus einzuführen.

Ich habe nun in neuerer Zeit bemerkt, dafs alle dichromatischen Hämatin-Lösungen, mögen dieselben aus reinem oder unreinem Hämatin, mögen sie mit Kali, Natron, kaustischem oder kohlensaurem Ammoniak bereitet seyn, in ihrem Innern Licht zerstreuen. Man bemerkt diefs schon im gewöhnlichen Tageslichte an einem mattgrünen Schimmer, in welchem die Flüssigkeit bei auffallendem Lichte erscheint, noch besser aber, wenn man Sonnenlicht mittelst einer Linse concentrirt, oder das Glas mit der Lösung im dunkeln Zimmer den durch ein Loch im Fensterladen einfallenden Sonnenstrahlen aussetzt; dann sieht man die helle Bahn derselben schön und scharf gezeichnet wie in einer Chininlösung. Das dispergirte Licht erscheint an der Eintrittsstelle der Strahlen bläulich, dann wird es grünlich und geht endlich durch eine gelbbräunliche Farbe in lichtschwaches, bald verschwindendes Roth über. Man thut am besten ziemlich verdünnte Lösungen anzuwenden, indem dann der Lichtstreif länger wird und die Farben weiter aus einander rücken. Man glaubt dann auf den ersten Anblick eine jener Erscheinungen vor sich zu sehen, welche in neuerer Zeit durch die Untersuchungen von Stokes eine so grofse Berühmtheit erlangt haben; ein vor das Auge gehaltenes Nicol'sches Prisma überzeugt aber bald, dafs die innere Dispersion eine unächte ist, denn beim Drehen desselben verschwindet das zerstreute Licht je nach dem Reflexionswinkel mehr oder weniger vollständig. Das Licht wird also von Körpern reflectirt, welche anders

brechen als die umgebende Flüssigkeit. Diese erscheint nur deshalb nicht getrübt, weil jene Körper zu klein sind um das durchfallende Licht derart von seiner Bahn abzulenken, dafs dadurch das dioptrisch gesehene Bild des Gegenstands merklich an seiner Deutlichkeit verliert. Es ist diefs ein Umstand, dessen ich bereits in meiner Abhandlung »über die Farben, welche trübe Medien im auffallenden und durchfallenden Lichte zeigen« [1]), erwähnt habe.

Diese unächte innere Dispersion zeigt sich um so schwächer, je schwächer der Dichroïsmus ist, man kann sie in den nicht-dichromatischen Lösungen, deren Bereitung ich in meiner ersten Mittheilung [2]) angegeben habe, hervorbringen, wenn man diese in dichromatische verwandelt; es ist also gewifs, dafs beim Uebergange einer Hämatin-Lösung aus dem nicht-dichroïtischen in den dichroïtischen Zustand ein Körper, der eben jenes Licht reflectirt, in sehr kleinen Partikeln ausgeschieden wird.

VI. *Ueber die Vorstellungen vom Verhalten des Aethers in bewegten Mitteln; von* **Beer** *in Bonn.*

In der ersten Decemberlieferung des Cosmos v. J. hat Hr. Abbe Moigno die Arbeit über Aberration des Lichtes, welche ich in diesen Annalen veröffentlicht habe, einer Besprechung gewürdigt, die mir zu den gegenwärtigen Mittheilungen Anlafs giebt.

Nach einem Auszuge aus meiner Arbeit finden sich a. a. O. folgende wegen des darin enthaltenen *Sachlichen* allgemein interessante Bemerkungen:

1) Sitzungsberichte, Bd. IX, Seite 530, daraus in Poggendorff's Ann. der Physik und Chemie, Bd. 88, Seite 363.

2) Sitzungsberichte, Bd. XI, Seite 1070.

Jusqu'ici nous avons laissé parler M. Beer. L'ensemble de sa note et le nom de coëfficient de correption qu'il donne au coëfficient c, prouvent d'une manière positive qu'il admet un véritable entraînement de l'éther contenu dans les corps en mouvement: c'est aussi l'opinion formellement exprimée par M. Fizeau; mais M. Babinet, le glorieux dépositaire de la science et des traditions de Fresnel et d'Arago, auxquelles il a tant ajouté, se refuse absolument à admettre l'entraînement de l'éther, et nous presse de protester contre cette dénomination dangereuse de coëfficient de correption. Voici, en réalité, comment, suivant lui, les choses se passent.

Un milieu réfringent, dont l'indice de réfraction, pour une couleur simple, est représenté par n, équivaut à un éther qui aurait pour densité n^2: en effet d'après les expériences positives de M. Arago, un trajet dans un milieu 1 équivaut à un trajet n de vide; donc la vitesse dans le milieu 1 est $\frac{1}{n}$, et par conséquent sa densité d est n^2; car, en supposant l'élasticité de l'éther constante et égale à 1, la vitesse étant toujours égale à la racine carrée du rapport de l'élasticité à la densité, on aura $v^2 = \frac{1}{d}$; et puisque $v = \frac{1}{n}$, $d = n^2$.

Cela posé: dans ce milieu n^2, il y a d'abord, 1) 1 pour l'éther, qui pénètre le milieu en tout sens, qui y est à son aise, qui peut entrer et sortir sans obstacle, et 2) $n^2 - 1$ pour la portion adhérente à la masse du milieu. Si ce milieu est en mouvement ou animé d'une vitesse v, ce mouvement ne sera pas partagé par la portion 1, c'est la portion $n^2 - 1$ qui sera seule animée de la vitesse v: mais une portion animée de la vitesse 0 et une portion $n^2 - 1$, animée de la vitesse v, équivalent à l'ensemble du milieu animé de la vitesse v diminuée dans le rapport de ce qui est mobile à la masse totale mue, ou dans le rapport de $n^2 - 1$ à n^2; la vitesse definitive du milieu qui propage les ondes lumineuses, sera donc

$$v\,\frac{n^2-1}{n^2}=v\left(1-\frac{1}{n^2}\right),$$

et l'on retrouve ainsi la valeur c du prétendu coëfficient de corre̜ption de M. Beer, tout en supposant que l'éther contenu dans le milieu ne prend aucune part à son mouvement.

Gegen das Obige erinnere ich nun vor Allem, daſs ich mit meiner fraglichen Arbeit nichts mehr und nichts weniger bezweckt habe, als darzuthun: *Gewisse Aberrations-Phänomene* (man gestatte mir diese Collectivbenennung) *ins Besondere der negative Versuch von Arago und der positive Versuch von Fizeau erklären sich vom Standpunkte der Vibrationstheorie in ihrer gegenwärtigen Entwickelungsstufe durch die Annahme, daſs ein Aethertheilchen, so lange und nur so lange es sich in einem bewegten Körper befindet, die Geschwindigkeit* $c\,.\,v=\left(1-\frac{1}{n^2}\right)v$ *besitze, wenn n den absoluten Brechungsquotienten und v die Geschwindigkeit des Körpers bedeutet.*

Mag man sich von dem wirklich stattfindenden Verhalten des Aethers bei jenen Versuchen eine Vorstellung machen, welche man auch immer will, *so viel folgt mit Nothwendigkeit, daſs ein Theil des Aethers durch den bewegten Körper selbst Bewegung erlangt, von dem Körper mitgerissen wird.* Es wird dieſs sowohl durch die soeben wieder vorgeführte Anschauungsweise bedingt, als es auch in derjenigen liegt, welche Hr. Babinet vertheidigt. Gerade mit Rücksicht auf die letztere, welche ich mit der ersteren aus der Mittheilung Fizeau's kennen gelernt habe, schreibe ich in meinem früheren Aufsatze:

»Denkt man sich einen Cylinder, der, mit irgend einer Substanz vom Brechungsindex *n* angefüllt, sich längs seiner Axe im leeren Raume mit der Geschwindigkeit *v* bewegt, so flieſst nach dem Obigen der Aether während dieser Bewegung durch den Cylinder hindurch; die Geschwindigkeit des Durchflusses beträgt $\frac{v}{n^2}$. Die Sache verhält sich also so, als ob von dem in der Substanz des Cylinders

enthaltenen Aether der Theil $\frac{n^2-1}{n^2}$ mit der vollen Geschwindigkeit des Cylinders mitgerissen würde, der übrige Theil $\frac{1}{n^2}$ aber absolut ruhig verbliebe.«

Wenn es am Schlusse des obigen Citates heifst: »*tout en supposant que l'éther contenu dans le milieu ne prend aucune part à son mouvement*«, so läfst das Vorausgehende keinen Zweifel darüber zu, dafs hier unter dem im Mittel enthaltenen Aether nur der freie Aether gemeint sey, nicht aber der an den Körpermolecülen haftende, welcher letztere allerdings an der Bewegung des Mittels theilnehmen soll. *Nach beiden Ansichten also wird Aether bewegt;* nach der einen Ansicht giebt die Zahl c das Verhältnifs der Geschwindigkeit des bewegten Aethers zu der des Mittels an, nach der anderen giebt dieselbe Zahl das Verhältnifs der Masse des bewegten Aethers zu der in dem Mittel enthaltenen Gesammtmasse an. Aus diesem Grunde will es mir bedünken, dafs die Benennung »*Correptions-Coëfficient*« für die Zahl c, weit davon entfernt, bedenklich oder gar gefährlich zu seyn, vollständig gerechtfertigt, ja sogar ganz passend ist.

Ich erlaube mir jetzt das Verhältnifs zu besprechen, in welchem beide Ansichten über die durch Bewegung bewirkte Modification des Aethers, meiner Meinung nach, zur Wirklichkeit stehen.

Auf den gegenwärtigen Standpunkt der Vibrationstheorie gestellt, wird man sich ohne Gefahr zu laufen vorstellen, dafs die Fortpflanzung des Lichtes in der stetigen, gleichförmigen Fortpflanzung von Schwingungen in einem homogenen Aether bestehe; dieser Vorstellungsweise ist es gestattet den Ausdruck anzupassen, wie es denn auch wirklich geschieht. Es hindert diefs aber durchaus nicht, dafs man sich dessen bewufst bleibt, wie in der That der Aether höchst wahrscheinlich nicht absolut homogen ist, wie vielmehr die Entfernung nächst aneinander liegender Theilchen, wenn man nach irgend einer Richtung fortschreitet,

periodisch zu- und abnimmt, wie folglich das, was wir Geschwindigkeit des Lichtes schlechtweg nennen, nichts Anderes ist als der Mittelwerth der Geschwindigkeit für ein Multiplum der erwähnten Periode. Bekanntlich hat bereits Cauchy diese Anschauungsweise einer neuen Theorie des Lichtes untergelegt und ins Besondere — was von der gröfsten Wichtigkeit war — nachgewiesen, dafs sich auch bei diesen wahrscheinlicheren Prämissen in einfach brechenden Mitteln und bei der Reflexion an solchen die Sachen in erster, dermalen noch vollständig hinreichender Annäherung gerade so verhalten, als hätte man es mit einem ganz homogenen Aether zu thun.

Ueber die Constitution des ruhenden Aethers macht Babinet, wie aus den mitgetheilten Notizen folgt, zunächst nur die Annahme, dafs ein Theil an den Körpermoleculen hafte, der Rest von solchen gar nicht afficirt werde. Diese Ansicht weicht von den — für mich wenigstens — wahrscheinlichsten Verhältnissen ebenfalls ab; denn meiner Meinung nach werden *alle* Aethertheilchen von den Körpermolecülen sollicitirt, freilich die einen mehr, die anderen weniger, aber nicht so, dafs die einen vollständig adhäriren, die anderen vollständig frei sind. Für die Anschauung Babinet's scheint beim ersten Blicke der Umstand zu sprechen, dafs er durchaus nichts Bestimmtes über die Vertheilung der Dichtigkeit setzt, dafür aber adoptirt er die Hypothese, dafs die Elasticität des Aethers constant sey. Ich kann nicht umhin, die Babinet'sche Vorstellung gerade so wie die von einem homogenen Aether für eine Hülfsvorstellung anzusehen.

Aehnlich wie in dem Falle, wo es sich um die Constitution des ruhenden Aethers handelt, verhalten sich die Sachen, wenn es darauf ankommt, über den Hergang bei den Aberrations-Phänomenen Aufklärung zu erlangen. Wenn ich die wirkliche Constitution des Aethers durch die fictive Constitution eines homogenen Aethers ersetze, so werde ich auch, um consequent zu bleiben, mir denken, dafs bei der Bewegung eines Mittels die Aethertheilchen, so lange

sie

sie sich in letzterem befinden, mit der Geschwindigkeit $c.v$ behaftet sind, dafs sie letztere beim Eintritte plötzlich erlangen, beim Austritte plötzlich verlieren, dafs sie endlich innerhalb und aufserhalb des Körpers in Folge der Elasticität des Aethers stets dieselben Entfernungen bewahren wie im Falle der Ruhe. Die Zahl c bestimme ich so, dafs sich eben die Aberrationsphänomene erklären. Setze ich aber gegenseitlich an die Stelle der wirklichen Constitution des Aethers die fictive Vorstellung, dafs er aus zwei scharf getrennten Theilen p und q bestehe, von denen jener den Körpermoleculen anhaftet, während dieser ganz frei ist, so werde ich ferner auch annehmen, dafs der Theil p die volle Geschwindigkeit des Körpers erlangt, der Theil q hingegen in Ruhe verharrt. Das Verhältnifs $p:q$ bestimme ich so, dafs sich eben die Aberrationsphänomene erklären. Bei letzterer Vorstellungsweise mufs man um zum Endziele zu gelangen das Mittel aus den sprungweise einander folgenden verschiedenen Geschwindigkeiten der Strahlen nehmen, die einfache Vorstellung einer mit gleichförmiger Geschwindigkeit sich fortpflanzenden und ebenen Welle hört ganz auf statthaft zu seyn: man kann den Strahl nicht vollständig auf seinem Wege verfolgen, man verliert ihn aus den Augen. Gegen alles diefs wäre nun zwar gewifs Nichts zu erinnern, wenn diese Vorstellungsweise sich mehr als die andere dem wahrscheinlichsten Hergange anschlösse, oder wenn sie wenigstens mehr als diese das Verständnifs, den Ueberblick erleichterte. Aber, wie ich glaube, ist das nicht der Fall. Meine Vorstellung von dem wirklichen Hergange bei den Aberrations-Phänomenen weicht von *beiden* bisher zur Sprache gekommenen Anschauungen in gleicher Weise ab. Ich denke mir, *dafs sich während der Bewegung eines Körpers in der von ihm eingeschlossenen Aethermasse sämmtliche zwischen o und v gelegene Geschwindigkeiten vorfinden, dafs dem zufolge in dieser Aethermasse und in dem dem Körper nächst angränzenden Aether Strömungen vor sich gehen,* ähnlich wie man nicht umhin kann solche Strömungen in der Flüssigkeitsmasse anzunehmen,

welche sich in und an einem durch Wasser geschwenkten Schwamme befindet. Ich denke mir dann ferner, dafs der effective Erfolg bei jenem sehr verwickelten Hergange nahezu derselbe ist, wie wenn man der in jedem Momente vom bewegten Körper eingeschlossenen Aethermasse eine gewisse mittlere Geschwindigkeit $c.v$ beilegte, oder auch wie wenn man die Aethermasse in zwei gewisse Theile p und q theilte, jenem die eine Gränzgeschwindigkeit o, diesem die andere Gränzgeschwindigkeit v beilegte. *Die beiden letzteren Annahmen sind,* wie mir scheint, *als zwei ganz gleich berechtigte und auch nützliche Substitutvorstellungen zu betrachten, von denen jedoch die erste in gleichem Zuge mit den bisherigen, ebenfalls provisorischen und auch sehr nützlichen, Darstellungen der Vibrationstheorie bleibt.*

VII. *Zur Krystallform des Mejonits; von C. Rammelsberg.*

Ein gut ausgebildeter Mejonitkrystall vom Vesuv gab mir Veranlassung zu einigen Messungen, welche die früheren von Mohs und Scacchi [1]) vervollständigen dürften.

Der Krystall ist vollkommen ausgebildet, und die Fig. 16 und 17 Taf. VI sind Projectionen seiner beiden Enden. Er stellt mithin eine Combination folgender Flächen vor:

$o = a : a : c$, das Hauptoctaëder.
$p = a : a : \infty c$, das erste Prisma.
$a = a : \infty a : \infty c$, das zweite Prisma.
$z = a : \frac{1}{3} a : c$, ein Vierkantner.

Als Ausgangspunkt für die Berechnung diente die Neigung $o : o$ über $c = 116° \, 12'$, welche sich möglichst scharf messen liefs, und es ist in der nachfolgenden Uebersicht der Endkantenwinkel $= 2A$, der Seitenkantenwinkel $= 2C$,

1) Diese Ann., Ergänzungsbd. III. S. 478.

und die Neigung der Endkanten zur Axe $c = \alpha$ gesetzt, wobei die Angaben von Mohs und Scacchi zur Vergleichung beigefügt sind.

	Berechnet.	R.	Beobachtet. Mohs.	Scacchi.
o $\{ 2A =$	136° 8′	136° 12′	136° 7′	136° 8′
$2C =$	63 48		63 48	
$\alpha =$	66 15			
$o:o$ über $c =$		*116 12		116 20
$o:p$	= 121 54	121 52		
$o:a$	= 111 56	112 0		

Ist an einem Vierkantner $a:\frac{1}{n}a:c$ die Neigung der Flächen in den Endkanten $a:c = 2A$, in den Endkanten $s:c = 2B$, und in den Seitenkanten $= 2C$, so ist für z

$$2A = 150^\circ\ 14'$$
$$2B = 168\ \ 10$$
$$2C = 108\ \ 36$$

und ferner:

$z:o = 151^\circ\ 29'$ $151^\circ\ 21'$
$z:a = 140\ \ 27$ $140\ \ 28$

Nach den angegebenen Daten ist das Axenverhältnifs:

$$a:c = 1:0{,}44001 = 2{,}2727:1.$$

Von anderweitigen Flächen sind beim Mejonit betrachtet:

$c\ = c:\infty a:\infty a$; die Endfläche.
$d\ = a:\infty a:c$; das erstere stumpfere Octaëder.
$o^3 = a:\ a\ :3c$; das dreifach schärfere Octaëder.
$\frac{p}{3} = a:\ \frac{1}{3}a:\infty c$; ein vierkantiges Prisma.

Die Rechnung giebt für die wichtigsten Kantenwinkel:

$$d\ \begin{cases} 2A = 146^\circ\ 54' \\ 2C = 47\ \ 30 \\ \alpha = 72\ \ 43 \end{cases}$$

$$o^3\ \begin{cases} 2A = 102\ \ 54 \\ 2C = 123\ \ 36 \\ \alpha = 37\ \ \ 9 \end{cases}$$

$d : c$	$= 156^{\circ}$	15′
$d : a$	$= 113$	45
$d : p$	$= 106$	33
$d : o$	$= 158$	4
$o^3 : c$	$= 118$	12
$o^3 : p$	$= 151$	48
$o^3 : o$	$= 150$	6
$o^3 : a$	$= 128$	33
$\frac{p}{3} : \frac{p}{3}$ an a	$= 143$	8
» s	$= 126$	52
$\frac{p}{3} : p$	$= 153$	26
$\frac{p}{3} : a$	$= 161$	34
$\frac{p}{3} : z$	$= 144$	18

VIII. *Gasverdichtungs-Versuche;* *von Dr. J. Natterer.*

(Aus d. Sitzungsbericht. d. Wien. Akad. 1854. Bd. XII, S. 199.)

Die Resultate der über die Verdichtung der Gase unter sehr hohem Drucke angestellten Versuche, welche ich schon in meinen früheren Berichten [1]) bekannt machte, haben es beinahe zur Gewifsheit gemacht, dafs man durch die blofse Anwendung des mechanischen Druckes kaum das gewünschte Ziel, nämlich die permanent ausdehnsamen Gase in den flüssigen und festen Zustand überzuführen, je erreichen wird. Die Hindernisse, welche der ferneren Fortsetzung der Versuche in dieser Richtung hemmend entgegentraten, habe ich in denselben Berichten bereits erwähnt.

1) Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften, mathem.-naturw. Classe Bd. V, S. 351, 1850 und Bd. VI, S. 557, 1851. (Auch diese Annal. Bd. 62, S. 132.)

Da ich aber nun in dem Besitze des mit so viel Mühe und Geldopfern verfertigten Apparates war, so wollte ich, führte er auch nicht zur Erzielung der erwünschten Resultate, doch mit ihm noch fernere Versuche anstellen, welche, wenn sie auch wegen der grofsen angewandten Kräfte auf scharfe wissenschaftliche Genauigkeit keinen Anspruch haben machen können, immerhin Wissenswerthes genug zu liefern vermögen. Auch dürfte kaum ein zweiter ähnlicher Apparat vorhanden seyn, und es sind nicht nur persönlicher Muth, sondern hauptsächlich praktische mechanische Kenntnisse erforderlich, um derlei Untersuchungen durchzuführen. In meinem zweiten Berichte habe ich schon auf ein Verfahren hingewiesen, die Atmospären-Zahl bei so bedeutendem Drucke annäherungsweise bestimmen zu können, jedoch konnte man dadurch nur eine bestimmte Anzahl Atmosphären und diese nur sehr ungenau ermitteln.

Meine früheren Versuche lehrten schon, dafs die Gase bei sehr hohem Drucke dem Mariotte'schen Gesetze nicht mehr folgen, sondern sich in einem weit geringeren Verhältnisse zum ausgeübten Drucke verdichten lassen und dafs bei gleichem Drucke die Dichte der einzelnen Gase verschieden sey. Es war daher erforderlich, den Apparat so einzurichten, dafs man das Verhältnifs des angewandten Druckes zur Dichte der Gase bei sehr verschiedener Pression ermitteln konnte.

Zu diesem Ende stellte ich den Apparat so her, dafs man während des Comprimirens immer den Druck im Recipienten erkennen und durch Rechnung die Atmosphären-Anzahl bestimmen konnte. Ich brachte daher an jenem stählernen Stücke, womit der Recipient am oberen Ende verschraubt ist und zwar in jener Bohrung, worin sich die Ausströmungs-Oeffnung befindet, eine stählerne Schraube an, welche durch zwei konische Flächen in luftdichte Verbindung mit dem Recipienten gesetzt werden konnte und worin sich eine sehr genaue cylindrische Bohrung, von $1\frac{1}{2}$ Zoll Länge und 1,445 Wiener Linien im Durchmesser,

befand. In dieser Bohrung kann sich ein gehärteter Stahlstift von einem Zoll Länge, welcher mit der gröfsten Genauigkeit eingeschliffen ist, auf- und nieder bewegen. Das eine Ende dieses Stiftes geht in eine stumpfe Spitze aus, während in dem unteren Ende mittelst einer kleinen Schraube eine Lederkappe befestigt werden kann. Das spitze Ende dieses Stiftes steht eine Linie aus der cylindrischen Bohrung hervor und drückt hier auf einen Hebel-Apparat.

Es kann nämlich an der stählernen Schraube ein $12\frac{1}{2}$ Zoll langes Eisen befestigt werden, welches einem Hebel-Apparate zur Stütze dient. Es sind zwei einarmige Hebel so in Verbindung gebracht, dafs einer auf den andern wirkt. Der kürzere Hebel, auf welchen der Stahlstift drückt, hat eine Länge von 11 Zollen. Vom Unterstützungspunkte zum Angriffspunkte ist eine Länge von einem Zoll. Der längere Arm dieses Hebels geht in eine nach auswärts gebogene stumpfe Spitze aus, welche in eine entsprechende kleine Vertiefung des zweiten Hebels pafst. Dieser zweite längere Hebel hat 16 Zoll Länge; der Angriffs- und ein Unterstützungspunkt sind ebenfalls 1 Zoll von einander entfernt. Am Ende dieses Hebelarmes ist eine Waagschale aufgehängt zur Aufnahme der Gewichte. Beide Hebel und der längere sammt der Waagschale sind durch angebrachte Gegengewichte so belastet, dafs der Schwerpunkt durch den Unterstützungspunkt geht und daher das Gewicht der Hebel ganz aufser Acht gelassen werden kann. Wird nun im Recipienten ein Gas verdichtet, so drückt der kleine Stahlstift gegen den kürzeren Hebel und dessen spitzes Ende auf den längeren Hebel, wodurch die Waagschale gehoben wird. Da die Länge des kürzeren Hebels 11 Zoll, die des längeren 16 Zoll beträgt, die beiden Unterstützungspunkte von den Angriffspunkten nur 1 Zoll entfernt sind, so wird ein in die Waagschale gelegtes Gewicht einem auf die untere Fläche des Stahlstiftes ausgeübten Drucke, welcher dem 176fachen jenes aufgelegten Gewichtes entspricht, das Gleichgewicht halten.

Da der Durchmesser des Stahlstiftes 1,445 Wiener Li-

nien beträgt, so ist die Fläche, worauf das Gas drücken kann, 1,6412 Quadrat-Linien grofs. Eine Atmosphäre übt daher auf die untere Fläche des Stahlstiftes einen Druck von 81,377 Grammen. Für jede Atmosphäre ist daher ein Gewicht von 0,462 Grammen in der Waagschale erforderlich. Man ist mit dieser Vorrichtung im Stande den Druck im Recipienten jeden Augenblick mit ziemlicher Genauigkeit anzugeben. Nur mufs man auf die Reibung des Stahlstiftes immer Rücksicht nehmen, indem zu dessen Bewegung eine directe Belastung von beiläufig 800 Grammen, daher ein Druck von nahe 10 Atmosphären erforderlich ist.

Es war nun noch eine Vorrichtung anzubringen, um das im Recipienten enthaltene Gas-Volumen ermitteln zu können. Zu diesem Behufe brachte ich einen Schraubenhahn mit einer Ausströmungs-Oeffnung an, woran ein Kautschuck-Schlauch befestigt wurde, dessen Ende in eine pneumatische Wanne ging. Der Schraubenhahn war so eingerichtet, dafs damit ein sehr langsames Entweichen des Gases möglich gemacht werden konnte.

Wird die Schraube des Hahnes etwas zurückgedreht, so kann das Gas durch den Kautschuck-Schlauch in die pneumatische Wanne gelangen, in welcher eine Glasglocke derart mittelst Räder und einem angebrachten Gegengewichte aufgehängt ist, dafs sie sich in dem Maafse hebt, als Gas in selbe einströmt, so dafs der Druck des zu messenden Gases immer gleich ist dem Drucke der Atmosphäre. Die Glasglocke ist in 80 gleiche Raumtheile getheilt, dessen jeder den Rauminhalt des Recipienten, nämlich 60 Kubik-Centimeter, enthält. — Sauerstoff konnte nur bis zu einem Druck von 1350 Atmosphären verdichtet werden, indem es sich schon bei meinen früheren Versuchen zeigte, dafs das Oel, womit das Ventil-Leder befeuchtet ist, bei höherem Druck sich entzündete, wodurch ein Entzünden des Stahles und eine Zertrümmerung des Recipienten hätte herbeigeführt werden können. Der Verschlufs des Stahlstiftes mittelst der Lederkappe in der cylindrischen Bohrung hat allen

Anforderungen entsprochen. Es wurde unmittelbar an die Lederkappe ein Gemenge von Oel und Talg gegeben, welche zähe Masse nicht so leicht durch die Poren des Leders geprefst werden konnte. Der gefüllte Recipient liefs selbst, wenn er mehrere Tage hindurch stehen blieb, kein Gas entweichen.

Mit diesem Apparate wurde das Gas im Recipienten so weit verdichtet, bis ein Gewicht von 1290 Grammen in der Waagschale gerade noch gehoben wurde. Es war dann im Recipienten ein Druck von beiläufig 2790 Atmosphären enthalten. Nun wurde mit der Bestimmung des Verhältnisses des Druckes zum Volumen begonnen. Würde das Mariotte'sche Gesetz bei so hohem Drucke noch richtig seyn, so müfste, wenn man 10 Raumtheile Gas aus dem Recipienten entweichen läfst, auch der Druck in demselben um 10 Atmosphären geringer werden. Die Erfahrung hat aber gelehrt, dafs diefs in einem weit gröfseren und bei den einzelnen Gasen in einem sehr verschiedenen Verhältnisse geschieht. Denn, wie aus den angehängten Tabellen zu ersehen ist, sinkt der Druck bei 2790 Atmosphären, wenn 10 Volumina Gas entwichen sind, nicht um 10 Atmosphären, sondern bei Wasserstoffgas um 101, bei Stickgas um 136, bei atmosphärischer Luft um 131 und bei Kohlenoxydgas um 163 Atmosphären.

Aber auch das Volumen ist bei den verschiedenen Gasen nicht dasselbe, welches sich durch den gleichen Druck von 2790 Atmosphären in den Recipienten pressen läfst. Denn es waren unter diesem Drucke bei Wasserstoffgas 1008, bei Stickgas 705, bei atmosphärischer Luft 726 und bei Kohlenoxydgas 727 Volumina im Recipienten enthalten. Es ist daher Wasserstoffgas am meisten und Stickgas am wenigsten zusammendrückbar.

Nun wurden wieder 10 Raumtheile Gas aus dem Recipienten in die Glasglocke gelassen und das gehobene Gewicht in der Waagschale bestimmt und dieses Verfahren so lange wiederholt, bis der Recipient leer war.

Es wurden die Versuche mit jedem Gase mehrere Male

vorgenommen und zwar immer bei ziemlich gleichem Barometerstande und derselben Temperatur. Die Zahlen der folgenden Tabellen sind Mittel aus den einzelnen Versuchen. Die Ziffer in der ersten Spalte ist die Anzahl der Grammen, welche in der Waagschale noch gehoben wurden, die in der zweiten zeigt die im Recipienten enthaltenen Volumina an. Die Ziffer der dritten Spalte zeigt den Druck in Atmospären ausgedrückt und die der vierten Spalte die Differenz je zweier übereinander stehender Zahlen der dritten Spalte; aus diesen letzteren Zahlen sieht man das Abnehmen des Druckes, wenn 10 Raumtheile Gas entwichen sind. Um z. B. in einen Raum 1008 Volumina Wasserstoffgas zu pressen, ist ein Druck von 2790 Atmosphären erforderlich, für 998 Volumina aber nur 2689, daher um 101 Atmosphären weniger, für 808 Volumina desselben Gases sind 1623 und für 798 sind 1584 daher um 39 Atmosphären weniger erforderlich.

Zur Bestimmung des Druckes in den Flaschen, welche ich zur Verdichtung der Kohlensäure und des Stickstoffoxyduls benutze, habe ich ein Manometer construirt, welches auf demselben Principe beruht, wie jene, welche nun bei den Locomotiven in Anwendung sind. Es ist nämlich eine spiralförmig gewundene, etwas abgeflachte, 3 Schuh lange Röhre aus Messingblech so mittelst einer verzahnten Stange und Zahnräder mit einem Zeiger in Verbindung gebracht, dafs, wenn dieses Manometer an die Flasche geschraubt wird, man den Druck bis 140 Atmosphären abzulesen im Stande ist.

Wasserstoffgas.

Grammen.	Volumina.	Atmosphären.	Differenz.	Grammen.	Volumina.	Atmosphären.	Differenz.
1290	1008	2790	—	316	498	685	21
1244	998	2689	101	307	488	665	20
1200	988	2594	95	298	478	646	19
1158	978	2505	89	290	468	627	19
1120	968	2423	82	282	458	608	19
1085	958	2347	76	274	448	590	18
1053	948	2277	70	266	438	573	17
1024	938	2213	64	258	428	556	17
996	928	2154	59	250	418	539	17
970	918	2098	56	242	408	522	17
945	908	2044	54	234	398	505	17
922	898	1995	49	226	388	488	17
900	888	1948	47	218	378	471	17
880	878	1904	44	210	368	454	17
861	868	1862	42	203	358	438	16
843	858	1821	41	196	348	423	15
824	848	1781	40	189	338	408	15
805	838	1741	40	182	328	393	15
786	828	1701	40	175	318	379	14
768	818	1662	39	169	308	365	14
750	808	1623	39	165	298	352	13
732	798	1584	39	157	288	339	13
715	788	1546	38	151	278	326	13
697	778	1508	38	145	268	313	13
679	768	1471	37	139	258	300	13
663	758	1434	37	133	248	287	13
646	748	1398	36	127	238	274	13
630	738	1362	36	121	228	261	13
613	728	1326	36	115	218	248	13
597	718	1292	34	109	208	235	13
582	708	1259	33	103	198	222	13
567	698	1226	33	97	188	209	13
552	688	1194	32	91	178	196	13
538	678	1164	30	85	168	183	13
525	668	1134	30	79	158	170	13
512	658	1104	30	74	148	158	12
498	648	1074	30	68	138	146	12
484	638	1044	30	62	128	134	12
470	628	1015	29	56	118	122	12
456	618	986	29	51	108	111	11
443	608	958	28	46	98	100	11
430	598	930	28	41	88	89	11
417	588	903	27	36	78	78	11
404	578	876	27	31	68	68	10
392	568	850	26	26	58	58	10
380	558	824	26	21	48	48	10
368	548	799	25	17	38	38	10
357	538	775	24	12	28	28	10
346	528	751	24	8	18	18	10
336	518	728	23	4	8	8	10
326	508	706	22	—	0	0	8

Sauerstoffgas.

Grammen.	Volumina.	Atmosphären.	Differenz.	Grammen.	Volumina.	Atmosphären.	Differenz.
626	657	1354	—	154	317	334	12
594	647	1284	70	149	307	322	12
564	637	1218	66	143	297	310	12
537	627	1160	58	138	287	298	12
512	617	1106	54	133	277	287	11
489	607	1056	50	127	267	276	11
467	597	1010	46	122	257	265	11
446	587	966	44	117	247	254	11
426	577	923	43	112	237	243	11
407	567	881	42	107	227	232	11
388	557	840	41	101	217	221	11
370	547	800	40	97	207	210	11
353	537	764	36	92	197	199	11
337	527	731	33	87	187	188	11
323	517	700	31	82	177	177	11
309	507	670	30	77	167	167	10
296	497	641	29	73	157	157	10
284	487	614	27	68	147	147	10
272	477	588	26	63	137	137	10
260	467	563	25	59	127	127	10
249	457	539	24	54	117	117	10
239	447	517	22	50	107	107	10
230	437	497	20	45	97	97	10
222	427	479	18	41	87	87	10
215	417	463	16	36	77	77	10
207	407	448	15	31	67	67	10
201	397	434	14	27	57	57	10
194	387	420	14	22	47	47	10
188	377	407	13	17	37	37	10
182	367	394	13	13	27	27	10
177	357	382	12	8	17	17	10
172	347	370	12	4	7	7	10
166	337	358	12	—	0	0	7
160	327	366	12				

Wasserstoffgas.

Grammen.	Volumina.	Atmosphären.	Differenz.	Grammen.	Volumina.	Atmosphären.	Differenz.
1290	1008	2790	—	316	498	685	21
1244	998	2689	101	307	488	665	20
1200	988	2594	95	298	478	646	19
1158	978	2505	89	290	468	627	19
1120	968	2423	82	282	458	608	19
1085	958	2347	76	274	448	590	18
1053	948	2277	70	266	438	573	17
1024	938	2213	64	258	428	556	17
996	928	2154	59	250	418	539	17
970	918	2098	56	242	408	522	17
945	908	2044	54	234	398	505	17
922	898	1995	49	226	388	488	17
900	888	1948	47	218	378	471	17
880	878	1904	44	210	368	454	17
861	868	1862	42	203	358	438	16
843	858	1821	41	196	348	423	15
824	848	1781	40	189	338	408	15
805	838	1741	40	182	328	393	15
786	828	1701	40	175	318	379	14
768	818	1662	39	169	308	365	14
750	808	1623	39	165	298	352	13
732	798	1584	39	157	288	339	13
715	788	1546	38	151	278	326	13
697	778	1508	38	145	268	313	13
679	768	1471	37	139	258	300	13
663	758	1434	37	133	248	287	13
646	748	1398	36	127	238	274	13
630	738	1362	36	121	228	261	13
613	728	1326	36	115	218	248	13
597	718	1292	34	109	208	235	13
582	708	1259	33	103	198	222	13
567	698	1226	33	97	188	209	13
552	688	1194	32	91	178	196	13
538	678	1164	30	85	168	183	13
525	668	1134	30	79	158	170	13
512	658	1104	30	74	148	158	12
498	648	1074	30	68	138	146	12
484	638	1044	30	62	128	134	12
470	628	1015	29	56	118	122	12
456	618	986	29	51	108	111	11
443	608	958	28	46	98	100	11
430	598	930	28	41	88	89	11
417	588	903	27	36	78	78	11
404	578	876	27	31	68	68	10
392	568	850	26	26	58	58	10
380	558	824	26	21	48	48	10
368	548	799	25	17	38	38	10
357	538	775	24	12	28	28	10
346	528	751	24	8	18	18	10
336	518	728	23	4	8	8	10
326	508	706	22	—	0	0	8

Sauerstoffgas.

Grammen.	Volumina.	Atmosphären.	Differenz.	Grammen.	Volumina.	Atmosphären.	Differenz.
626	657	1354	—	154	317	334	12
594	647	1284	70	149	307	322	12
564	637	1218	66	143	297	310	12
537	627	1160	58	138	287	298	12
512	617	1106	54	133	277	287	11
489	607	1056	50	127	267	276	11
467	597	1010	46	122	257	265	11
446	587	966	44	117	247	254	11
426	577	923	43	112	237	243	11
407	567	881	42	107	227	232	11
388	557	840	41	101	217	221	11
370	547	800	40	97	207	210	11
353	537	764	36	92	197	199	11
337	527	731	33	87	187	188	11
323	517	700	31	82	177	177	11
309	507	670	30	77	167	167	10
296	497	641	29	73	157	157	10
284	487	614	27	68	147	147	10
272	477	588	26	63	137	137	10
260	467	563	25	59	127	127	10
249	457	539	24	54	117	117	10
239	447	517	22	50	107	107	10
230	437	497	20	45	97	97	10
222	427	479	18	41	87	87	10
215	417	463	16	36	77	77	10
207	407	448	15	31	67	67	10
201	397	434	14	27	57	57	10
194	387	420	14	22	47	47	10
188	377	407	13	17	37	37	10
182	367	394	13	13	27	27	10
177	357	382	12	8	17	17	10
172	347	370	12	4	7	7	10
166	337	358	12	—	0	0	7
160	327	366	12				

Stickgas.

Grammen.	Volumina.	Atmosphären.	Differenz.	Grammen.	Volumina.	Atmosphären.	Differenz.
1290	705	2790	—	195	345	423	21
1227	695	2654	136	186	335	403	20
1166	685	2522	132	178	325	384	19
1106	675	2394	128	170	315	367	17
1050	665	2272	122	162	305	351	16
997	655	2156	116	155	295	336	15
946	645	2046	110	148	285	321	15
897	635	1940	106	142	275	306	15
850	625	1838	102	135	265	292	14
804	615	1738	100	128	255	278	14
758	605	1640	98	122	245	265	13
715	595	1546	94	117	235	252	13
674	585	1458	88	111	225	240	12
636	575	1376	82	106	215	228	12
601	565	1300	76	101	205	217	11
567	555	1228	72	95	195	206	11
536	545	1159	69	90	185	195	11
507	535	1095	64	85	175	184	11
479	525	1035	60	80	165	173	11
453	515	980	55	75	155	162	11
429	505	928	52	70	145	151	11
408	495	882	46	64	135	140	11
388	485	840	42	59	125	129	11
370	475	801	39	54	115	118	11
353	465	764	37	49	105	107	11
337	455	729	35	44	95	96	11
321	445	695	34	39	85	85	11
306	435	662	33	34	75	75	10
292	425	630	32	30	65	65	10
278	415	600	30	25	55	55	10
264	405	570	30	20	45	45	10
251	395	542	28	16	35	35	10
238	385	515	27	11	25	25	10
226	375	489	26	6	15	15	10
215	365	466	23	3	5	5	10
205	355	444	22	—	0	0	5

Atmosphärische Luft.

Grammen.	Volumina.	Atmosphären.	Differenz.	Grammen.	Volumina.	Atmosphären.	Differenz.
1290	726	2790	—	195	356	420	19
1230	716	2659	131	186	346	401	19
1170	706	2531	128	177	336	383	18
1112	696	2405	126	170	326	367	16
1055	686	2283	122	162	316	352	15
1000	676	2165	118	156	306	338	14
948	666	2051	114	150	296	325	13
898	656	1943	108	144	286	312	13
852	646	1843	100	139	276	300	12
808	636	1747	96	133	266	288	12
766	626	1656	91	127	256	276	12
725	616	1570	86	122	246	264	12
688	606	1490	80	117	236	252	12
654	596	1413	77	111	226	240	12
620	586	1340	73	106	216	228	12
589	576	1273	67	101	206	217	11
561	566	1212	61	96	196	206	11
535	556	1156	56	90	186	195	11
510	546	1101	55	85	176	184	11
485	536	1047	54	80	166	173	11
459	526	993	54	75	156	162	11
435	516	941	52	70	146	151	11
412	506	891	50	65	136	140	11
389	496	843	48	60	126	129	11
368	486	796	47	55	116	118	11
348	476	753	43	50	106	107	11
329	466	713	40	45	96	96	11
312	456	676	37	40	86	86	10
296	446	642	34	35	76	76	10
282	436	610	32	30	66	66	10
269	426	580	30	26	56	56	10
256	416	553	27	21	46	46	10
245	406	528	25	16	36	36	10
234	396	504	24	12	26	26	10
223	386	481	23	7	16	16	10
212	376	459	22	3	6	6	10
203	366	439	20	—	0	0	6

Kohlenoxyd-Gas.

Grammen.	Volumina.	Atmosphären.	Differenz.	Grammen.	Volumina.	Atmosphären.	Differenz.
1290	727	2790	—	182	357	394	14
1215	717	2627	163	176	347	381	13
1145	707	2477	150	170	337	368	13
1082	697	2339	138	164	327	355	13
1021	687	2209	130	159	317	343	12
965	677	2088	121	153	307	331	12
912	667	1974	114	147	297	319	12
863	657	1867	107	141	287	307	12
817	647	1767	100	136	277	295	12
775	637	1674	93	131	267	283	12
732	627	1584	90	125	257	271	12
690	617	1498	86	120	247	259	12
655	607	1416	82	115	237	248	11
618	597	1338	78	110	227	237	11
584	587	1264	74	105	217	226	11
554	577	1196	68	100	207	215	11
525	567	1133	63	95	197	204	11
496	557	1073	60	89	187	193	11
470	547	1016	57	84	177	182	11
445	537	962	54	79	167	171	11
422	527	911	51	74	157	160	11
398	517	861	50	69	147	149	11
376	507	814	46	64	137	138	11
356	497	771	43	59	127	127	11
338	488	732	39	54	117	117	10
321	477	695	37	50	107	107	10
305	467	661	34	45	97	97	10
291	457	629	32	41	87	87	10
277	447	599	30	36	77	77	10
264	437	570	29	31	67	67	10
251	427	542	28	27	57	57	10
238	417	515	27	22	47	47	10
226	407	489	26	17	37	37	10
215	397	465	24	13	27	27	10
205	387	443	22	8	17	17	10
197	377	424	19	4	7	7	10
189	367	408	16	—	0	0	7

IX. *Mikroskopische Beobachtungen sehr gesetzmäfsiger Bewegungen, welche die Bildung von Niederschlägen harziger Körper aus Weingeist begleiten*[1]; *von E. H. Weber.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. Verhandl. d. K. Sächs. Gesellsch. d. Wiss.)

I. Ueber Circulationsströme, welche an der Oberfläche von Luftblasen entstehen, die sich in einer Harzlösung zwischen zwei Glasplatten befinden.

Bekanntlich entsteht eine intensiv gelbe Farbe, wenn man *Gummigutt* auf einer Glasplatte mit einigen Tropfen *Wasser* reibt. Setzt man zu dieser Farbe einige Tropfen *Alkohol* oder Brennspiritus, so wird die undurchsichtige gelbe Flüssigkeit fast augenblicklich durchsichtig, indem sich das gelbe Harz, das den Hauptbestandtheil des Gummigutt ausmacht, im Weingeiste auflöst. Werden einige Tropfen Spiritus an den Rand einer ebenen Glasplatte gebracht, welche auf einer zweiten solchen Platte liegt, so breitet sich derselbe durch Capillarkraft schnell zwischen beiden Platten aus. Dasselbe geschieht, wenn sich die Spiritustropfen auf einer ebenen Glasplatte befinden und man eine zweite Platte darauf legt. Bringt man nun hierauf an den Rand dieser oder jener Deckplatte ein Tröpfchen in Wasser zerriebenen Gummigutts, so breitet sich auch dieses zwischen den beiden Glasplatten in dem mit Spiritus erfüllten Raume aus, ohne sich ganz aufzulösen, die Ausbreitung geschieht aber viel langsamer[2]. Beobachtet man hierbei die Ausbreitung der gelben Farbe mit einem Mikroskope bei einer 90- bis 150maligen linearen Vergröfserung, so bemerkt man, dafs

1) Siehe Berichte über die Verhandlungen der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, *Math. phys. Classe* 1854, *p.* 57.

2) Man kann auch, um die später beschriebenen Erscheinungen hervorzubringen, gleichzeitig mehrere sehr kleine Tröpfchen von Spiritus und der gelben Farbe auf eine Glasplatte bringen und eine zweite Glasplatte darauf decken.

in dem Spiritus kleine Luftblasen von verschiedener Gröfse, z. B. von $\frac{1}{10}$ Paris. Linie im Durchmesser befindlich sind, und dafs, wenn sich die langsam sich ausbreitende Farbe einem Luftbläschen nähert, dieselbe anfangs gehindert wird bis zur Lufthlase zu gelangen, und genöthigt wird, sie in einiger Entfernung zu umgehen. (Siehe Fig. 18 Taf. VI, wo der von einem dicken schwarzen Rande umgebene Kreis die Luftblase vorstellt, die Pfeile aber die Richtung der sich in Spiritus ausbreitenden Farbetheilchen anzeigen. Zwischen beiden ist der mit Spiritus erfüllte Raum sichtbar, in welchen die Farbetheilchen einzudringen gehindert sind). Wenn nun die sich weiter verbreitenden Farbetheilchen fast die ganze Luftblase umgangen haben, werden sie nach der Luftblase hingezogen oder hingetrieben und dabei in ihrer Bewegung sehr beschleunigt (Siehe Fig. 19 Taf. VI, wo die längeren Pfeile, welche den Ring umgeben, die Richtung und Beschleunigung der Farbetheilchen anzeigen). Nun bewegen sich die Farbetheilchen in zwei Strömen schnell und dicht um die Luftblase, und zwar in entgegengesetzter Richtung als zuvor, herum. Nachdem sie auf diese Weise ziemlich die ganze Luftblase umgangen haben, entfernen sie sich langsam von ihr, indem sie von den ihnen nachfolgenden Farbetheilchen fortgedrängt, nicht aber von der Luftblase selbst abgestofsen werden. (Siehe Fig. 20, Taf. VI). So entstehen zu beiden Seiten der Luftblase zwei Kreisläufe, die längere oder kürzere Zeit fortdauern. Diese Kreisläufe dauern nämlich nur kurze Zeit fort, wenn der Farbestoff im Strömen begriffen ist und immer neuer und neuer sich verbreitender Farbestoff an der Luftblase ankommt und wenn er sich schnell an ihr vorbei bewegt; sie dauern dagegen längere Zeit fort, wenn kein neuer Farbestoff mehr ankommt, oder wenn er sich wenigstens nur sehr langsam dahin bewegt. Zwischen den beiden Kreisläufen der Farbetheilchen scheint sich auch auf der einen Seite Spiritus nach der Luftblase hin und auf der anderen von ihr weg zu bewegen. (Siehe Fig. 21 Taf. VI wo die Pünktchen den Spiritus anzeigen). Wenn auf der

einen

einen Seite bei *a* ebenso viel Spiritus der Luftblase zugeführt wird, als auf der anderen bei *b* weggeführt wird, so dauert die Circulation eine Viertelstunde und länger fort. Wenn sich dagegen in der Nähe der Luftblase nur Spiritus befindet, der schon mit Farbestoff gesättigt ist, so werden die beiden Circulationen immer mehr abgekürzt, wie man Fig. 22 u. 23 Taf. VI sieht, so dafs sie sich zuletzt auf die kleine Umgegend beschränken, wo der Farbestoff zuerst von der Luftblase angezogen wurde.

Wenn der schmale Weg, auf welchem sich der Spiritus der Luftblase nähert, wie in Fig. 21 Taf. VI bei *a*, verschlossen wird, weil sich Flüssigkeit vorlegt, welche mit Farbetheilchen überladen ist, so wird die Circulation plötzlich unterbrochen, aber indem nun nach einem kleinen Zeitraume der zur Luftblase hinzudringende Spiritus diesen Widerstand überwindet, stellt sich die Circulation plötzlich vollkommen wieder her und so wiederholt sich bisweilen diese Unterbrechung und Wiederherstellung in gleichen Pausen und die Circulationen erfolgen dann stofsweise in rhythmischen Pulsen, z. B. in jeder Sekunde einmal. In selteneren Fällen entsteht diese *rhythmische Pulsation* dadurch, dafs die mit Farbestoff überladene Flüssigkeit sich periodisch bei *b* vorlegt und die Entfernung des Spiritus von der Luftblase pulsweise verhindert.

Nicht immer sind die beiden Circulationen zu beiden Seiten der Luftblase gleich grofs. Bisweilen geht der eine Circulationsstrom um einen sehr grofsen Theil der Luftblase herum, während der andere sehr kurz ist und nur einen Wirbel bildet.

Wenn eine zweite Luftblase in der Nähe derjenigen Luftblase ist, um welche sich die beiden Flüssigkeitsströme bewegt haben, wie in Fig. 24 Taf. VI, so zieht die zweite Luftblase die Ströme an sich, welche die erstere verlassen. Unter diesen Umständen entsteht ein Strom, dessen Richtung durch die Lage der Luftblasen bestimmt wird. Eine solche Bewegung kann bisweilen mehrere Stunden fort-

dauern, wenn die Glasplatten grofs sind und viel Spiritus und unaufgelöste Farbe zwischen ihnen befindlich ist.

An sehr grofsen Luftblasen können bisweilen gleichzeitig mehr als zwei Circulationen vorhanden seyn. Eben solche Circulationen beobachtet man an der Gränze des zwischen den beiden Glasplatten befindlichen Tropfens und der Luft, die am Rande der Deckplatte die Stelle der verdunsteten Flüssigkeit eingenommen hat. (Siehe Fig. 25, Taf. VI). Wenn auf der Seite *bac* Luft, und da, wo die Pfeile gezeichnet sind, Flüssigkeit ist, so wird die Flüssigkeit bei *a* ziemlich schnell von der Luft angezogen, dagegen verläfst die Flüssigkeit die Luftgränze bei *b* und *c* langsam (wie durch die geringere Länge der Pfeile in der Figur angedeutet ist), und so können viele solche Circulationen neben einander stattfinden und sehr lange Zeit fortdauern. Es kommen indessen auch Fälle vor, wo nicht zwei Ströme vorhanden sind, welche von entgegengesetzten Seiten herkommen und nach entgegengesetzten Seiten auseinandergehen, sondern wo nur ein einziger Strom nach der Gränze der Luft sich hinbewegt und daselbst einen einzigen Wirbel bildet.

Dieselben Erscheinungen lassen sich auch darstellen, wenn man Colophonium aus einer Auflösung in Spiritus durch Zusatz von Wasser niederschlägt und diesen Niederschlag mit Wasser zusammenreibt [1]). Auf diese Weise entsteht eine milchichte Flüssigkeit. Bringt man von derselben einen kleinen Tropfen an den Rand einer Glasplatte, die auf einer zweiten gröfseren liegt, und einen Tropfen einer Auflösung von Colophonium in Spiritus eben dahin, so dringen beide Tropfen zwischen den Glasplatten vorwärts, vermischen sich ungleichmäfsig, und zeigen die beschriebenen Erscheinungen, und dasselbe geschieht, wenn man zuerst die spirituöse und dann die wäfsrige Flüssig-

1) Ich thue z. B. in eine kleine Reibschale Colophoniumpulver, setze so viel Weingeist zu, dafs es zum Theil ungelöst bleibt, und reibe den Brei mit Wasser zusammen.

keit, oder wenn man beide zugleich zwischen die Glasplatten treten läfst.

Hierbei zeigt sich die oben erwähnte rhythmische Unterbrechung und Wiederherstellung der beschriebenen Circulationen sehr häufig, und wenn mehrere Luftblasen in der Nachbarschaft sich befinden, so setzt sich der Strom, der die eine verläfst, zur anderen fort, und geht von dieser zur dritten, und an jeder zeigt sich die periodische Unterbrechung und Wiederherstellung der Circulationen.

Es gelingt nun bisweilen, wenn man die obere Glasplatte von der unteren abhebt und schnell wieder darauf deckt, eine andere Vertheilung der zwischen den Glasplatten befindlichen tropfbaren Flüssigkeit und der Luft hervorzubringen, so dafs sehr kleine Tröpfchen, welche aus einem Gemeng von spirituöser und wäfsriger Flüssigkeit bestehen, welches sich noch nicht ins Gleichgewicht gesetzt hat, von Luft ringsum umgeben werden. Dann entstehen zwei Circulationen in dem Tröpfchen, durch die Berührung, in welche die tropfbare Flüssigkeit mit der *concaven kreisförmigen* Gränze der Luft kommt, während sie bei den vorher beschriebenen Versuchen mit der convexen Gränze der Luft in Berührung kam. Fig. 26 bis 29 Taf. VI stellt die dann entstehenden Circulationen dar. Zwei Ströme gehen neben einander dicht neben dem Durchmesser des Tropfens gegen den Punkt *a* und werden auf diesem Wege durch eine helle Linie geschieden, die dadurch entsteht, dafs dahin keine unaufgelösten Partikeln gelangen. Bei *a* gelangen sie an die Gränze der den Tropfen begränzenden Luft. Daselbst beugt sich der Strom, der uns zur Rechten ist, rechts, der Strom, der uns zur Linken ist, links herum, und Beide gehen in steter Berührung mit der concaven Gränze der Luft nach dem Punkte *b*. Daselbst nähern sich beide Ströme wieder einander und kommen fast in Berührung, vermischen sich aber nicht, sondern sind durch die oben erwähnte durchsichtige weifs erscheinende Linie geschieden, indem sie von neuem zu beiden Seiten dieser Linie den vorigen Weg wiederholen. Der von der Luft

begränzte Flüssigkeitstropfen hat also gleichsam zwei Pole, einen Pol *a*, wo die Ströme sich der Luft nähern und dann auseinander weichen, und den Pol *b*, wo die Ströme sich einander nähern und sich dann von der Luft entfernen. Der erstere Pol, wo sich die Ströme der Luft nähern und dann auseinander weichen, bleibt unverändert, dagegen kommen die beiden Ströme nur Anfangs bis zu dem zweiten Pole, und je öfter sie ihren Weg wiederholen, desto früher kehren sie um, so dafs sich am gegenüberliegenden Pole diejenige Flüssigkeit anhäuft, in welcher sich die spirituöse und wäfsrige Flüssigkeit inniger gemengt und dadurch in ein Gleichgewicht gesetzt haben, so dafs daselbst die beschriebenen Bewegungen aufhören. Endlich werden die beiden Circulationen nur noch auf die nächste Umgegend des Pols *a* beschränkt, wo sie dann ganz aufhört. Die Figuren 27 bis 29 Taf. VI stellen dieses bildlich dar.

II. Ueber Circulationsströme, welche man in einem unbedeckten Tröpfchen Harzauflösung während der Bildung eines Niederschlags beobachtet und durch welche sich der Tropfen in viele von geraden Linien begränzte polyëdrische Abtheilungen theilt.

Die mitgetheilten Beobachtungen führten mich auf die Frage: welche Bewegungen entstehen würden, wenn auf einer Glasplatte ein kleiner Tropfen, der aus einem Gemeng von Spiritus und von in Wasser zerriebenem Gummigutt bestünde, frei der Verdunstung ausgesetzt wäre? denn unter diesen Verhältnissen kommt die Luft mit der ganzen, freien convexen Oberfläche des Tropfens in Berührung, der die Gestalt einer plan-convexen Linse hat, während sie in den vorhergehenden Versuchen nur an einer linearen Gränze mit dem Gemeng der genannten Flüssigkeiten in Berührung war. Die Anziehung, welche die Luft auf die Flüssigkeit ausübt, bringt dort viele nach der flächenförmigen, concaven, oberen Luftgränze hingerichtete Circulationen hervor, die um eine horizontale Axe geschehen, während die Circulationen in den oben mitgetheilten Versuchen zwischen zwei Glasplatten um eine senkrechte Axe vollbracht werden.

Jene Circulationen erfolgten von dem Zeitpunkte an, wo die Verdunstung des Spiritus eine solche Verdünnung hervorgebracht hatte, bei welcher das Harz nicht mehr aufgelöst bleiben konnte, sondern sich niederzuschlagen anfing [1]).

Die Bewegungen, die mit der Auflösung der gelben Farbe im Spiritus verbunden sind, sind so unregelmäfsig, dafs wir hier auf ihre Untersuchung nicht eingehen wollen. Mit ihnen verbinden sich alsbald Bewegungen, welche eine Wirkung der anfangenden Verdunstung des Tropfens sind und die in der nämlichen Weise an einem Tropfen Spiritus wahrgenommen werden, dem kein Gummi Guttae zugesetzt worden ist. Kleine darin schwebende unaufgelöste Partikeln bewegen sich bald von der Mitte nach dem Rande zu, bald

1) Die Versuche werden am besten bei einer kühlen Temperatur von 1° bis etwa zu 7° R. ausgeführt. Sie gelingen aber auch noch bei 10°. Bei beträchtlich höheren Temperaturen wollen sie deswegen nicht von Statten gehen, weil der auf die geschliffene Glasplatte gebrachte Spiritustropfen sich ausbreitet und die Form einer plan-convexen Linse verliert, und weil dann die Flüssigkeit nicht mehr die nöthige Tiefe hat. Ich verfahre dabei auf folgende Weise: ich wische eine ebene, reine, kalte Glasplatte mit einem trocknen reinen kalten baumwollenen Tuche ab und reibe sie damit, lege sie horizontal hin und bringe auf dieselbe mittelst eines in Brennspiritus eingetauchten Stäbchens eine Reihe von Tropfen von verschiedener Gröfse, die die Gestalt einer plan-convexen Linse annehmen, bei einer Temperatur, bei welcher sie sich wenig ausbreiten. Um nun in jeden dieser Tropfen einen beliebig kleinen Theil eines Tropfens von der erwähnten gelben Farbe von Gummigutt eintreten zu lassen, tauche ich gröfsere und kleinere Nähnadeln mit ihrem Oehr in die gelbe Farbe, so dafs sich das Oehr damit füllt und bringe nun mit dem kleinsten Tröpfchen das Oehr einer kleinen, mit dem gröfseren Tröpfchen das Oehr einer gröfseren Nadel einen Augenblick in Berührung. Die gelbe Farbe löst sich im Spiritustropfen sehr schnell und beinahe ganz auf. Es wird nun die Glasplatte auf den Objecttisch eines guten Mikroskops gelegt, dafs die Tropfen linear ungefähr 90- bis 150mal vergröfsert, z. B. unter ein kleines Schieck'sches mit Objectiv 1+2 oder 1+2+3. Man beobachtet zuerst den kleinsten Tropfen. Wenn bei diesem die zu beobachtenden Erscheinungen vorübergegangen sind und Ruhe eingetreten ist, ist es Zeit einen von den etwas gröfseren Tropfen zu beobachten, bei welchem dann die Erscheinungen eben ihren Anfang nehmen, die man beobachten will u. s. w.

von dem Rande des Tropfens nach dessen Mitte hin und ändern hierbei so oft und so plötzlich ihre Geschwindigkeit und Richtung, dafs ihre Bewegung bisweilen einige Aehnlichkeit mit der von Infusorien hat.

Nachdem die Flüssigkeit ziemlich durchsichtig und ruhig geworden ist, fängt ungefähr 5 Minuten oder 6 Minuten [1]), nachdem der Spiritustropfen und das Gummi Guttae auf die Glasplatte gebracht worden, das im Weingeiste aufgelöste gelbe Harz an sich niederzuschlagen, weil so viel von dem Spiritus verdunstet ist, dafs nicht mehr alles Harz aufgelöst bleiben kann, und hiermit beginnt eine gewaltige Bewegung. Vom Rande des Tropfens, wo der Niederschlag zu entstehen beginnt, stürzen Ströme von sich niederschlagenden Partikeln rings herum in den Tropfen und kehren theils in einiger Entfernung vom Rande um und bewegen sich zum Rande zurück, theils verbreiten sie sich durch den Tropfen nach der Mitte desselben zu und machen die Flüssigkeit überall undurchsichtig.

Der Tropfen wird durch die heftige Bewegung und durch die diese Bewegung unstreitig begleitende schnellere Verdunstung so wie auch durch das sich niederschlagende Harz dickflüssiger und die Oberfläche hört auf gleichmäfsig convex zu seyn. Bei sehr kleinen Tropfen, die man mit der Loupe beobachtete, sah man, dafs sie sich durch eine linienförmige Vertiefung in zwei Abtheilungen, oder durch drei in der Mitte des Tropfens zusammenstofsende Linien in drei Abtheilungen, oder durch zwei sich kreuzende lineare Vertiefungen in vier, oder durch einen Stern von Linien in mehrere Abtheilungen theilten. Nach der Mitte zu, in den seichteren und deswegen durchsichtigeren Gegenden des Tropfens, Fig. 30 Taf. VI, zeigt sich nun unter dem Mikroskope bei einer 90- bis 150maligen Vergröfserung ein wundervolles Schauspiel.

1) Bei kleineren Tropfen entsteht der Niederschlag und die mit ihm verbundene wundervolle Bewegung schneller, als bei grofsen Tropfen; bei Tropfen, welchen verhältnifsmäfsig mehr Farbestoff zugesetzt worden ist, schneller, als bei Tropfen, welche weniger gelbe Farbe enthalten.

Die trübe Flüssigkeit wird daselbst durch ein Netz heller, gerader Linien in kleine fünfeckige, zum Theil viereckige oder sechseckige Abtheilungen eingetheilt. Man glaubt zu sehen, dafs die Oberfläche der Flüssigkeit uneben sey, dafs die Abtheilungen eine der krystallinischen ähnliche Form hätten und dicht neben einander liegenden polyëdrischen Krystallen glichen (Taf. VII, Fig. 9). Eine Seite eines solchen Fünfecks ist, wenn das Fünfeck ziemlich gleich lange Seiten hat, ungefähr $\frac{1}{20}$ Linie lang. Indessen sind die Abtheilungen von verschiedener Gröfse und Form. Manche haben fast gleiche Seiten, andere sind länglich, bisweilen sind sie sogar sehr lang. Es kommen bisweilen sehr lange Abtheilungen vor, die, wie eine Leiter durch Sprossen, so durch quere helle Linien in eine Reihe von viereckigen Abtheilungen getheilt sind. Wie mannichfaltig aber auch ihre Gestalt und Gröfse ist, so passen doch immer die benachbarten polyëdrischen Abtheilungen genau aneinander. Die die fünfeckigen Abtheilungen der Flüssigkeit begränzenden hellen Linien scheinen erhabene Kanten zu seyn. Sie können aber vielleicht in der Wirklichkeit vertieft seyn. (Siehe Fig. 9 und 12, Taf. VII, wo einige dieser polyëdrischen Abtheilungen des Tropfens bei stärkerer Vergröfserung gezeichnet worden sind). In der Mitte jedes Fünfecks, Vierecks oder Sechsecks befindet sich ein vertiefter Punkt oder eine vertiefte Linie. Zu diesem vertieften Punkte oder zu dieser vertieften Linie hin bewegen sich die sichtbaren Harztheilchen, die aus den hellen erhabenen, die Polyëder ringsum begränzenden Kanten hervorquellen und in die Mitte der fünfeckigen, viereckigen oder sechseckigen Trichter hinab zu stürzen scheinen und daselbst dem Auge verschwinden. Die Flüssigkeitstheilchen der Abtheilungen befinden sich in einer rotirenden Bewegung um eine horizontale Axe, die bei jeder Abtheilung eine in sich selbst zurück laufende Linie ist. (Siehe Fig. 12 und 10, Taf. VII, wo bei einigen Abtheilungen die Richtung der rotirenden Theilchen durch kurze Pfeile angedeutet ist). Stets bewegen sich die Theilchen auf der oberen Oberfläche

von der Peripherie der Abtheilungen nach der Mitte derselben zu. Aufser den rotirenden feineren Farbetheilchen giebt es noch gröbere Farbetheilchen, welche auf der Oberfläche der polyëdrischen Abtheilungen bleiben und daselbst hin und her geworfen werden.

Aufser dieser Bewegung der einzelnen Flüssigkeitstheilchen nimmt man eine langsame Bewegung der polyëdrischen Abtheilungen wahr, wobei sie sich aber immer gemeinschaftlich bewegen und dabei in stetem Zusammenhange bleiben. Nur selten stehen die polyëdrischen Abtheilungen, die man durch das Mikroskop übersieht, eine Zeit lang still. Bald bewegen sie sich mit gleicher Geschwindigkeit und in stetem Zusammenhange von der Mitte des Tropfens nach dem Rande zu, bald nehmen dieselben Abtheilungen eine entgegengesetzte Bewegung an und kommen vom Rande her wieder zurück, oder bewegen sich in einer Richtung, welche auf der vorigen ziemlich quer ist. Dabei erleiden dieselben manche Veränderungen in der Form, indem sich eine grofse Abtheilung in mehrere kleine theilt, oder indem mehrere kleine zu einer gröfseren verschmelzen, oder indem die Gestalt der sie einschliefsenden Linien abgeändert wird, wenn z. B. lange Abtheilungen kürzer oder kurze Abtheilungen länger werden.

An dem sehr kleinen Tropfen Taf. VI Fig. 30, den man mit dem Mikroskope ganz übersehen konnte und der durch eine kreuzförmige Vertiefung in vier Abtheilungen getheilt war, beobachtete ich, dafs sich die polyëdrischen Abtheilungen in zwei Schenkeln jener Vertiefung von der Mitte des Tröpfchens nach dem Rande zu bewegten und dafs sie an den beiden anderen Schenkeln vom Rande des Tropfens her hervorkamen und sich nach der Mitte zu bewegten, wie daselbst die dicken schwarzen Pfeile andeuten. Die nach dem Rande sich bewegenden eckigen Abtheilungen verändern bei ihrem Uebergange in den Rand ihre Gestalt, werden langgezogen und lassen sich nicht weiter verfolgen und treten an zwei anderen Stellen des Randes wieder hervor und bewegen sich nach der Mitte zu.

Eine Veränderung, welche die fünfeckigen und sechseckigen Abtheilungen der Flüssigkeit gegen das Ende der Erscheinung immer erleiden, besteht darin, dafs die begränzenden hellen Linien derselben, welche anfangs sehr schmal sind, (siehe Taf. VII, Fig. 9), allmählich breiter und glänzender werden, und am allerbreitesten an den Kreuzungspunkten der Linien gefunden werden. (Siehe Taf. VII, Fig. 10). Zugleich erscheint die von ihnen eingeschlossene Flüssigkeit dunkler. Die Abtheilungen bilden dann in sich selbst zurücklaufende Wälle. Zuletzt werden die eckigen Abtheilungen der rotirenden Flüssigkeit rund (siehe Taf. VII, Fig. 11) und durch grofse durchsichtiger oder heller erscheinende Zwischenräume von einander getrennt. Alle Farbetheilchen jeder Abtheilung bewegen sich ringsum von der Peripherie nach der Mitte derselben und so endigt sich in jeder Abtheilung die rotirende Bewegung *plötzlich*, indem die letzten Theile in den Mittelpunkt derselben hineinschiefsen. Es befindet sich dann die ganze Flüssigkeit plötzlich wie durch einen Zauber in Ruhe versetzt, und der Farbestoff, der, ehe er aufgelöst wurde, aus sehr ungleich grofsen Partikeln bestand, und sehr ungleich vertheilt war, besteht nun, nachdem er sich niedergeschlagen hat, aus sehr kleinen, aber ziemlich gleich grofsen runden Partikeln und liegt überall gleichmäfsig dicht. Bei sehr starker Vergröfserung sieht man an ihm nur noch die sogenannte Brown'sche Molecularbewegung, die in einem wechselsweisen Annähern und Entfernen benachbarter Partikeln besteht.

Die Zeit, welche von der Bildung des Tropfens an und vom Zusatze der Farbe zu demselben bis zur Entstehung der polyëdrischen Abtheilungen und wieder von da bis zur plötzlichen Herstellung vollkommener Ruhe vergeht, beträgt bei einem grofsen Tropfen ungefähr 7 bis 8 Minuten, bei einem kleinen Tropfen $4\frac{1}{2}$ Minute, bei einem ganz kleinen Tröpfchen $3\frac{1}{2}$ Minute. Die Zeit, welche dieser Procefs erfordert, wird abgekürzt, wenn der Farbestoff in etwas reichlicherer Menge zugesetzt wird, oder wenn die Tem-

peratur der Luft eine höhere ist. Das Phänomen, wo die rotirende Flüssigkeit polyëdrische Abtheilungen bildete, dauerte bei einem grofsen Tropfen 67 Sekunden, so dafs also ungefähr $6\frac{1}{2}$ Minute vergingen, ehe die polyëdrischen Abtheilungen sich bildeten. Bei einem etwas kleineren Tropfen dauerte es $5\frac{1}{2}$ Minute, ehe sich derselbe in polyëdrische Abtheilungen theilte, und 39 Sekunden, ehe diese verschwanden und Ruhe im Tropfen eintrat.

Um zu entscheiden, ob die Elektricität bei der Entstehung dieser wunderbaren Bewegungen mit im Spiele sey, brachte ich einen Spiritustropfen nicht wie vorher auf eine Glasplatte, sondern auf eine polirte versilberte Daguerrotypenplatte und verband dieselbe durch einen Metalldraht mit dem feuchten Erdboden, um dadurch eine Ausgleichung der etwa sich scheidenden Elektricitäten herbeizuführen. Aber auch unter diesen Verhältnissen trat das beschriebene Phänomen ein.

Nicht blofs Gummigutt, sondern auch Colophonium bringt dieselben Erscheinungen hervor, nicht aber Campher, weil er sogleich krystallisirt und das Anschiefsen der Krystalle, das Herumschweben der sich niederschlagenden Theilchen verhindert.

Sowohl wenn Gummigutt als auch wenn Colophonium angewendet wird, kann man beobachten, wie die polyëdrischen rotirenden Abtheilungen des Tropfens entstehen, dafs sich nämlich in dem Tropfen in ziemlich bestimmten Entfernungen von einander Häufchen von sich niederschlagenden Partikeln bilden, welche eine rotirende Bewegung um eine horizontale Axe zeigen. Diese vergröfsern sich durch neue hinzukommende Partikel und beschränken sich dann wechselseitig in der Rotation ihrer Theilchen, wenn sie mit einander in Berührung kommen, und bringen dadurch die polyëdrischen Abtheilungen hervor.

Die Gesetzmäfsigkeit der durch das Mikroskop beobachteten hier beschriebenen Bewegungen veranlafst vielleicht

auch Andere [1]) diese Beobachtungen zu wiederholen und den ursächlichen Zusammenhang zu erörtern. Vielleicht gelingt es in der Folge diesen aufzuklären und dadurch die physikalischen Ursachen mancher vor der Hand unerklärlicher Bewegungen im Körper der Thiere und Pflanzen zu entdecken. Dahin gehört die Circulation des Saftes in den Zellen der Chara und in manchen Elementarzellen vieler anderer Pflanzen, wo der rotirende Saft nicht in häutigen Canälen eingeschlossen ist, sondern sich an den Wänden frei zu bewegen scheint. Ferner ist dahin zu rechnen die Erscheinung im Dotter der Thiere, die man mit dem Namen des Furchungsprocesses bezeichnet.

X. *Ueber die weifse Farbe der Eisenoxyd-Alaune und über die braune ihrer wäfsrigen Lösungen; von Heinrich Rose.*

Haidinger [2]) theilt über die Erscheinung, dafs der weifse Eisenoxyd-Alaun keine farblose Auflösung in Wasser giebt, eine andere Erklärung mit, als sie aus den Untersuchungen hervorgeht, welche ich über den Einflufs des Wassers bei chemischen Zersetzungen, und namentlich über das Verhalten des Wassers gegen Basen angestellt habe [3]). Nach diesen wird das Eisenoxyd aus den Auflösungen seiner Salze durch Wasser gefällt, freilich erst aus seinen verdünnten Lösungen und durch erhöhte Temperatur. Durch

1) Da sich die Herren Möbius und d'Arrest für die Entstehung der rotirenden Bewegungen der Flüssigkeit in einem Tropfen, wodurch die in Fig. 9 Taf. VII abgebildeten polygonalen Abtheilungen entstehen, interessirten, so habe ich Ihnen nicht nur Gelegenheit verschafft dieselben zu sehen, sondern sie haben auch selbst die Versuche wiederholt und bestätigt.

2) Pogg. Ann. Bd. 94, S. 246.

3) Pogg. Ann. Bd. 83, S. 132.



Wasser wird dem Eisenoxydsalze Säure entzogen, und ein basisches Eisenoxydsalz gebildet, das in vielem Wasser von der gewöhnlichen Temperatur und in wenigem Wasser auch bei erhöhter Temperatur auflöslich seyn kann; aus der verdünnten Lösung wird aber das Oxyd als basisches Salz durchs Erhitzen gefällt. Alle basischen Eisenoxydsalze sind aber, sowohl in fester Form als auch in ihren Lösungen, gefärbt, von gelb bis braunroth und blutroth, während die meisten neutralen Eisenoxydsalze im wasserfreien Zustande oder mit Krystallwasser weifs sind.

Haidinger nimmt aber an, dafs im krystallisirten Eisenoxyd-Alaun Eisenoxydul und Eisensäure, und nicht Eisenoxyd enthalten wäre, welches sich dann wohl erst bei der Lösung in Wasser bilden müsse. Nach ihm fällt nun aber die Farbe des Eisenoxyduls in das Grüne, die der Eisensäure in das Violette; diese Farben sind aber nahe oder vollständig complementar, und sie neutralisiren sich zu farblos.

Um diese Erklärung durchzuführen, verwirft Haidinger, nach Schönbein's Vorgang, die Zusammensetzung der Eisensäure, wie sie durch die Untersuchungen von Frémy, von Denham Smith und von mir festgestellt worden ist, deren Resultate alle übereinstimmen, obgleich verschiedene Methoden bei den Analysen angewandt wurden. Ich will es weniger hervorheben, dafs eine so leicht sich reducirende Substanz wie die Eisensäure nicht wohl neben einem so leicht sich oxydirenden Oxyde, wie Eisenoxydul, und erstere nicht neben Schwefelsäure bestehen könne, weil nach Haidinger beide bei der Lösung Eisenoxyd bilden ($\dot{\mathrm{Fe}}+\ddot{\mathrm{Fe}}=\dddot{\bar{\mathrm{F}}}$), als darauf, dafs wenn es eine Oxydationsstufe des Eisens gäbe, welche die Zusammensetzung $\mathrm{Fe}+2\mathrm{O}$ hätte, wie sie Schönbein und Haidinger für die Eisensäure annehmen, diese wohl, da die Eisenverbindungen denen des Mangans sehr analog sind, mehr dem Braunstein ähnlich seyn würde.

Wird der Eisenoxyd-Alaun in verdünnter Schwefelsäure aufgelöst, so kann sich kein basisches Eisenoxydsalz bilden,

und die Lösung ist daher farblos. Ebenso ist die Lösung in Salpetersäure farblos, und die in Chlorwasserstoffsäure gelblich, wie eine Eisenoxydlösung in einem Ueberschusse von Chlorwasserstoffsäure.

Dafs es das Wasser ist, durch welches das Salz zersetzt wird, mag aufser den Gründen, die ich ausführlich in meinen Abhandlungen niedergelegt habe, noch auch der Umstand gelten, dafs wenn Eisenoxyd mit Säuren verbunden ist, welche die Fällung desselben durch Basen hindern, aus den Lösungen dieser Verbindungen auch Wasser kein basisches Eisenoxydsalz auszuscheiden vermag. So kann z. B. die Lösung des weinsteinsauren Kali-Eisenoxyds bei jeder Verdünnung mit Wasser lange und anhaltend gekocht werden, ohne dafs sie sich durch ausscheidendes basisches Eisenoxydsalz trübt; man kann sie bei starker Hitze durch Abdampfen concentriren; was sich dann aus Mangel an Wasser ausscheidet, löst sich wieder vollkommen in hinzugefügtem warmen Wasser auf. — Das Wasser verhält sich also bei Gegenwart von Weinsteinsäure gegen Eisenoxyd vollkommen wie andere Basen.

Die Oxalsäure verhindert nun zwar nicht, wie die Weinsteinsäure und einige andere organische Säuren, die Fällung des Eisenoxyds durch starke Basen, aber sie kann dieselbe bisweilen sehr erschweren. Schwache Basen fällen das Eisenoxyd aus Lösungen, die Oxalsäure enthalten, nicht, oder nur unvollkommen [1]). Deshalb sieht die wäfsrige Lösung des grünen oxalsauren Kali-Eisenoxyds nicht blutroth aus, sondern grünlich, wie das krystallisirte Salz selbst, und durch langes und anhaltendes Kochen wird nur ein kleiner Theil des Eisenoxyds ausgefällt, das sich zum Theil fest an die Wände der Schale setzt. Kohlensaure Baryterde fällt aus der Lösung des Salzes das Eisenoxyd bei gewöhnlicher Temperatur nicht, und nur erst durchs Kochen.

Die allerdings etwas auffallende grüne Farbe der Verbindungen des oxalsauren Eisenoxyds mit den oxalsauren

1) Ausführl. Handb. der analyt. Chem. Bd. 1, S. 635.



Alkalien erklärt Scheerer und mit ihm Haidinger auf die Weise, dafs in den Krystallen (und auch in der Lösung, da diese eine ähnliche Farbe wie die Krystalle hat) das Eisenoxyd mit der Oxalsäure Eisenoxydul und Kohlensäure bilden $\dddot{\bar{F}e} + \dddot{\bar{C}} = 2\dot{F}e\ddot{C}$. In dem Salze ist indessen 1 At. Eisenoxyd nicht mit einem, sondern mit 3 At. Oxalsäure verbunden; und die Farbe des reinsten kohlensauren Eisenoxyduls, wenn es gänzlich frei von Eisenoxyd ist, ist wohl weifs, selbst im wasserfreien Zustand, wie im reinsten Spatheisenstein.

Noch leichter als das Eisenoxyd wird das Manganoxyd aus den Salzen, in denen es Base ist, durch Wasser ausgeschieden, denn es ist eine noch schwächere Base als das Eisenoxyd. Deshalb kann der von Mitscherlich zuerst dargestellte Manganoxyd-Alaun auch nicht einmal in Wasser von der gewöhnlichen Temperatur gelöst werden, denn das Manganoxyd wird durch dasselbe ausgeschieden, wie aus ähnlichen Manganoxydverbindungen, und auch aus dem Manganchlorid und Manganfluorid.

XI. *Zwei naturwissenschaftliche Mittheilungen; von Dr. Guido Sandberger.*

I. Kanten-Messung von Krystallen mittelst des geognostischen Compasses.

Auf naturwissenschaftlichen Reisen und Excursionen ist es angenehm, so wenig Gepäck und Instrumente mit sich zu führen, als thunlich.

Neulich dachte ich, von diesem Grundsatze ausgehend, darüber nach, sollte der Mineralog und Geognost bei seinen Wanderungen nicht im Stande seyn, das Anlegegoniometer daheim zu lassen und doch vorkommenden Falles eine Krystallmessung im Groben an grofsen, freien, recht eben-

ichigen, abgeschlagenen Krystallindividuen ausführen können vermittelst des für ihn auf Excursionen völlig unentehrlichen Mefsinstrumentes, mittelst des geognostischen Compasses. Ueber diefs Instrument und seine Einrichtung habe ich nicht nöthig zu reden. Jeder Fachgenosse kennt dasselbe hinreichend.

Wir messen aufser dem Streichen in der bekannten Weise mittelst Pendel und Bogen das *Einfallen* oder Fallen der geneigtstehenden Schichten und Felswände mit hinreichender Genauigkeit. Warum sollten wir nicht im Wesentlichen in derselben Weise auch die Flächenwinkel oder Kanten grofser zumal prismatischer Krystalle mit der nämlichen Vorrichtung des Instrumentes messen können?

Ich kam auf folgende Idee, welche mir nicht so unpractisch erschien, zumal da ich mich selbst von deren Ausführbarkeit alsobald durch eine auf diesem Wege vorgenommene Messung practisch überzeugte.

Legen wir einen prismatischen oder säulenförmigen Krystall (ich will bei etwas recht Gewöhnlichem bleiben), legen wir einen guten grofsen Quarzkrystall horizontal auf eine passende ebene Unterlage. z. B. auf einen Tisch auf, so können wir die Säulenkante messen, indem wir die Normalplatte oder das Normallineal des bergmännischen Compasses in der der zuoberst gelegenen, also mit der aufliegenden parallelen und mithin gleichfalls horizontal liegenden benachbarten, schräg liegenden Säulenfläche senkrecht auf die Verbindungskante beider halten, um genau wie bei der Messung des Fallens einer Schicht unmittelbar die Zahl, wo das Metallpendel auf dem Gradbogen einspielt, abzulesen.

Ziehen wir *diese abgelesene Zahl*, in unserem Beispiele 60°, *von* $180^\circ = 2R$ ab, so haben wir die *Krystallkante* gemessen, beim Quarz bekanntlich $= 120^\circ$.

In vielen Fällen kann uns eine solche Messung in Bausch und Bogen für richtige Beurtheilung einer vorliegenden Mineralsubstanz nützlich seyn.

Bei so bekannten Mineralspecies, wie das angeführte

Beispiel, dient uns selbige Messung aber auch zu gleicher Zeit als willkommene *Controle für die Güte der Gradbogentheilung unseres Compasses.*

Jeder Anfänger in der Mineralogie kennt die Gröfse der Säulenkaute des Quarzes = 120°. Spielt das Pendel des angewandten Compasses aber *nicht* auf 60° als Supplement von 120° ein, und ist es nur aus *anderen* Gründen völlig *sicher*, dafs wir einen Quarzkrystall vor uns haben, so ist das zur Messung benutzte Instrument nicht exact genug gearbeitet und wird uns bei Benutzung zur Messung des Fallens von geneigten Schichtflächen eben so schlecht bedienen, wie bei einer solchen Krystallmessung.

Wiesbaden, den 3. Februar 1855.

2. Das Leptometer [1]).

Ich habe meinem bisher noch namenlosen neuen Mefsinstrumente für kleinere, besonders naturhistorische Gegenstände nunmehr den obigen Namen beigelegt von λεπτός *tenuis*, *subtilis*, *exiguus* und μέτρον *mensura*, *modus*, weil dasselbe geeignet ist, Dicke und Abdachung aller möglichen sehr kleinen und dünnen, platten, prismatischen, cylindrischen, biconvexen und biconcaven, planconvexen und planconcaven, convex-concaven Gegenstände, sowie die verschiedenen Dimensionen auch unregelmäfsig gestalteter Körper *direct* zu messen. Aufserdem, dafs es mir selbst und anderen Naturforschern bei konchyliometrischen Untersuchungen [2]) schon vielfach gute Dienste geleistet hat, läfst es sich auch sicherlich zur Messung von Insecteneiern, Pflan-

1) Vgl. diese Annalen Bd. LXXXV, (1852) S. 97 ff. (Januarheft) Taf. 1 Fig. 12 *A* und *B*. — Amtl. Bericht über die Naturforscherversammlung zu Wiesbaden (1852) S. 165. — George Johnston's Einleitung in die Konchyliologie. Herausgegeben von H. G. Bronn. (Stuttgart, J. B. Müller 1853.) S. 551, Fig. 103 *A* und *B*.

1) Vgl. u. A. meine Messungen von Nabeltiefen des *Goniatites retrorsus Var. umbilicatus in Guido und Fridolin Sandberger's* Versteinerungen des Rheinischen Schichtensystems in Nassau (Wiesbaden, Kreidel und Niedner 1850 bis 1855.) Textband S. 107.

Pflanzensaamen, (bei Umbelliferen und Cruciferen könnten sich mit demselben wohl *specifische* Dimensionen bei verschiedenen Gattungen und Arten ermitteln lassen), zur Messung der Dicke von Fischschuppen, Pflanzenblättern u. A. m. mit Vortheil verwenden.

Die wirkliche Länge der Krystallaxen läfst sich bei kleineren gutausgebildeten Individuen mit dem Leptometer gleichfalls ohne Schwierigkeit direct messen.

Auch könnten Optiker zur Abmessung der Dicke ihrer verschiedenartigsten Gläser das Leptometer gebrauchen, zumal wenn die Stahlspitzen durch eine weiche, aber nicht allzu elastische Materie vorsichtig maskirt werden. Ob sich dazu Guttapercha nicht eignen dürfte?

Ebenso wird sich für verschiedene andere Industrie- und Kunstzweige Nutzen daraus ziehen lassen, da mittelst des Leptometers bei einiger Vorsicht die Dicke von Drähten und Fäden aus den verschiedensten Zeug- und Leder-Stoffen ebenso zuverlässig gemessen werden kann, als die Dicke von feinen Elfenbeinarbeiten, Münzen, Kameen, Pappdeckeln, Metallblechen, Zeugen, Papierarten, ja selbst die Dicke des feinsten Postpapieres.

Die Gleichmäfsigkeit des Fabricates läfst sich also auf solche Art sicher constatiren [1]).

Wiesbaden, 18. Februar 1855.

1) So eben erhalte ich auf meine Anfrage von F. W. Breithaupt und Sohn in Cassel die bestimmte Zusage, dafs diese Firma das Leptometer vervielfältigen will und zwar so, dafs der Preis für ein einzelnes Exemplar 5 Thaler, der Partienpreis $4\frac{1}{2}$ Thaler seyn soll.

XII. *Untersuchung des grünen Stoffes, den die kleinsten grünen Infusorien enthalten; vom Fürsten zu Salm-Horstmar.*

Werden die mikroskopisch kleinen grünen Infusorien von gröfseren Teichen auf einem Filter gesammelt, dann frisch mit Alkohol ausgezogen, der grüne Extract bei etwa 40° Wärme eingetrocknet, so hat dieser Körper folgende Eigenschaften:

1) Auf Platina langsam erhitzt, zeigt er *keine* Schmelzung, entwickelt bald Dämpfe (*nicht* Rauch), die den eigenthümlichen Teichgeruch haben, während der gröfste Theil der Masse sich verflüchtigt; dann hört der Dampf auf und ein bräunlicher geringer Rückstand zeigt sich, der sich aber auch langsam verflüchtigt bei einer Temperatur, wobei das Platina nicht glüht. Es bleibt *kein* kohliger Rückstand.
2) Er löst sich in Alkohol sowie in Essigäther leicht auf.
3) In warmem Wasser löst er sich auf mit gelblich ölgrüner Farbe, nachdem das Wasser erst milchig geworden.
4) In Ammoniak mit gelber Farbe löslich.
5) In Kalilauge mit grünlich gelber Farbe löslich und die Lösung zeigt im Spectrum einen schwarzen Streifen im Roth.
6) Die geistige Lösung reagirt *nicht* auf Lakmus.

Es ist demnach kein wachsartiger Körper und *kein* Chlorophyll, denn das Chlorophyll aus frisch getrockneten Blättern von *Lolium perenne* mit Alkohol extrahirt und bei 40° eingedampft, bis keine Flüssigkeit mehr vorhanden, ist eine klebrige Masse, die sich *nicht* in Wasser, nicht in Ammoniak, nicht in Kalilauge auflöst. Das Verhalten auf der Platinschale in der Wärme ist wie beim Infusoriengrün.

Beide geistige Auflösnngen unterscheiden sich, frisch bereitet, sehr in der Farbe, die vom Chlorophyll aus Gras

ist smaragdgrün, die des Infusoriengrüns ist oliven- oder bouteillengrün.

Die genauen optischen Untersuchungen Ångström's beider Substanzen, hat also ihre Verschiedenheit schon vorausgesetzt.

Den 3. Februar 1855.

XIII. *Ueber das dispergirte rothe Licht in der Auflösung des Chlorophylls; vom Fürsten zu Salm-Horstmar.*

Da es nach der Angabe von Stokes scheint, als ob man die rothe Dispersion nur in Richtungen sehe, die mehr rechtwinklich zum einfallenden Strahl sind, so bezieht sich dieses doch nur auf einen Theil der Erscheinung. Ich habe beobachtet, dafs man das rothe Licht auch dann noch entschieden sehen kann, wenn man das die Chlorophyll-Auflösung enthaltende Probirglas so hält, dafs die Flamme einer Lampe sich beinah zwischen dem Glase und dem Auge des Beobachters befindet. Um Täuschung zu vermeiden, brachte ich ein Stückchen schwarzen Sammet so in die Flüssigkeit, dafs die innere hintere Fläche des Gefäfses keinen Reflex mehr geben konnte, allein die rothe Dispersion blieb nach wie vor. — Das rothe Licht strahlt also auch in der dem Einfallenden entgegengesetzten Richtung.

Sonderbar! dafs diese Flüssigkeit das rothe Licht aber auch in entgegengesetzter Richtung zeigt, d. h. in der Richtung des einfallenden Strahls; — sobald die Lösung so concentrirt wird, dafs die direct sichtbaren Lichtarten mehr verdunkelt werden.

Da das sogenannte dispergirte Licht noch manches Licht über das Weltmeer des Lichtes zu verbreiten verspricht, so verdient der kleinste Umstand ins Auge gefafst zu werden.

Aus der bekannten Erscheinung, dafs die rothe Dispersion erst mit Hülfe des Brennglases auch in der Tiefe der Chlorophyll-Lösung gesehen wird, scheint zu folgen, dafs diejenigen unsichtbaren Strahlen des Sonnenlichtes, welche das Chlorophyll sichtbar macht, — durch heterogene Zwischenräume *getrennt* im Sonnenlicht enthalten sind, gleichsam als wenn sie durch ein Gitter gingen, welches nur die nahe an der Oberfläche liegenden Atome, da wo es das Gitter gestattet, leuchten machen und daselbst ihren Lauf beendigen. Also im parallelen Zustand an der Oberfläche sichtbar, im convergirten Licht aber auch in der Tiefe. — Es fragt sich nun, ob man dieses nicht benutzen könne, um diese heterogenen parallelen Intervallen zu messen? was ich der Beurtheilung der Herrn Physiker überlassen mufs.

Coesfeld, den 14. Februar 1855.

XIV. *Ueber die Gränze der Verdampfung des Quecksilbers; von Ch. Brame.*

(*Compt rend. T. XXXIX. p.* 1013)

Aus zahlreichen Versuchen, welche ich über diesen Gegenstand angestellt, ergiebt sich:

1. Das von **Faraday** angewandte Gold ist kein hinreichend empfindliches Reagenz auf die Gegenwart sehr kleiner Mengen Quecksilberdampf, und wenn man also durch dasselbe, wie es der berühmte englische Physiker gethan, zeigen kann, dafs das Quecksilber z. B. bei 20 bis 25° C. noch in einer Höhe von mehr als 0m,10 über sich Dampf liefert, bei einer Temperatur unter Null aber selbst in einer Höhe von 0m,02 nicht mehr, so beweist diefs keineswegs, dafs das Quecksilber eine begränzte Atmosphäre habe.

2. Im Gegentheil läfst sich zeigen, dafs der Quecksilberdampf bei Temperaturen zwischen einigen Graden

unter Null und 30 Graden darüber leicht bis zu einem Meter aufsteigt. Ueberdiefs hat man im Laboratorium des Hrn. Chevreul beobachtet, dafs in einem an beiden Enden offenen Rohre von $0^m,05$ Durchmesser, welches auf Quecksilber stand, Schwefelbläschen (*utricules de soufre*), die $1^m,44$ von dem Quecksilber entfernt waren, bei einer Temperatur von 20° bis 26° C. innerhalb 14 Tagen gebräunt wurden. In den Kellern der Sternwarte waren Schwefelbläschen in einer Höhe von $1^m,76$ über dem Quecksilber nach vier Monaten vollständig gebräunt. Die Schwefelbläschen waren abgelagert in einer kleinen an beiden Enden offenen Röhre, die, von einer Eisendrahtspirale getragen, sich innerhalb einer weiteren Röhre befand, welche an einem Ende verschlossen und über Quecksilber umgekehrt stand, $0^m,021$ im Durchmesser hielt und im Ganzen eine Höhe von $1^m,8$ hatte.

In den Kellern der Sternwarte bräunte der Dampf von 30 Grm. Quecksilber, die sich am Boden von $1^m,1$ bis $1^m,2$ hohen Röhren befanden, nach 20 Tagen Schwefelbläschen, die auf die Innenwand der als Stöpsel dienenden Retorten abgelagert worden waren.

Dasselbe Resultat erhielt man oftmals, es mochte die Temperatur constant seyn, wie in den Kellern der Sternwarte, oder um 10 Grad und darüber veränderlich, wie in einem Hofe, Laboratorium, u. s. w.; auch schien es keinen merklichen Unterschied zu machen, ob die Luft in den Röhren mehr oder weniger frei, oder abgesperrt war. Bei allen Temperaturen bildete sich immer Schwefelquecksilber, welches bei 0° und darüber mehr oder weniger braun ist. Allein bei — 8° C. färbte der Quecksilberdampf die in einer Entfernung von mehren Centimetern befindlichen Schwefelbläschen gelb und roth. Der Dampf von weichen Amalgamen bewirkt oft dasselbe.

Im ersteren Fall konnte man, bei hinreichender Verlängerung der Versuche, wägbare Mengen (0,006 bis 0,023 Grm.) Quecksilber in den Schwefelbläschen verdichten. Ebenso war es der Fall mit Quecksilbersalbe,

Amalgamen von Silber, Zinn etc. Andererseits nimmt der bläschenförmige, der in Nadeln erstarrte und der gehärtete Schwefel, welche letztere beiden Bläschen enthalten, Quecksilber auf, selbst wenn sie sich am Boden von $0^m,5$ langen Röhren befinden, die auf Quecksilber ruhen.

3. Nahm man unter den vorhin angezeigten Umständen statt des bläschenförmigen Schwefels Joddampf (erzeugt in sehr geringer Menge bei gewöhnlicher Temperatur durch einige Centigramme Jod, die in einer kleinen als Stöpsel dienenden Retorte verdampft und auf deren Innenwand verdichtet waren), der in einer Quecksilber enthaltenden Röhre von dem oberen Theile herabsank, so schien der Quecksilberdampf eine begränzte Atmosphäre über dem flüssigen Metall zu bilden. In der That schien er sich bei $+26^0$ C. nur $0^m,036$ bis höchstens $0^m,038$ zu erheben, bei $+12^0$ C. nur $0^m,020$ bis $0^m,022$, wie durch das auf die Röhre sich ablagernde Jodquecksilber angedeutet zu werden schien.

In den Kellern der Sternwarte bildete das rothe Jodid zwar einen sehr zarten Ring, und dieser war, wie es sich aus obigen Versuchen vorhersehen liefs, nur einige Millimeter vom Quecksilber entfernt; allein diefs mufs der Feuchtigkeit zugeschrieben werden, indem die Röhren mit dem Jod an der Mauer befestigt waren.

Im Meridiansaal der Sternwarte, bei einer Temperatur von $22^0,4$, gab Silberamalgam mit Joddampf einen Ring, der sich viel weiter ausdehnte als der vorhergehende; er bestand aus sehr deutlichen, bestimmbaren Krystallen und war $0^m,015$ vom Quecksilber entfernt.

In den meisten der mit Jod angestellten Versuche bestand der durch die Reaction des Joddampfs auf den Quecksilberdampf gebildete Ring aus mehren Jodiden dieses Metalls; allein das rothe Jodid war überwiegend oder allein vorhanden, wenn, bei einem geringen Ueberschufs von Joddampf, der Versuch zur rechten Zeit unterbrochen wurde.

Mittelst einer 1 Meter langen Röhre, die senkrecht in einer weiteren, auf Quecksilber ruhenden Röhre angebracht

ar, liefs sich der Versuch von Hrn. John Davy[1]) bestätigen, aus welchem hervorgeht, dafs das Jod bei gewöhncher Temperatur in Distanz von Quecksilber den Dampf esselben zu absorbiren vermag. Dieser Versuch hatte, ieines Wissens, noch keine Bestätigung erfahren.

Wie dem auch seyn mag, so sieht man doch, dafs das Resultat mit dem vom bläschenförmigen Schwefel gelieferten übereinstimmt, und dafs, wenn, beim Jod im dampfförmigen Zustand, die Atmosphäre des Quecksilbers begränzt erscheint, diefs alleinig davon herrührt, dafs der Dampf des Jodquecksilbers und selbst der des Jods eine bedeutende Dichtigkeit in Bezug auf die Luft besitzen. Daraus folgt, dafs der Quecksilberdampf sich bis zu einer gewissen, mit der Temperatur veränderlichen Gränze ausbreitet, während die aus Jodquecksilber gebildeten Ringe bei einer selben Temperatur und unter sonst gleichen Umständen (Spannkraft des Quecksilbers, die, obwohl bei den angegebenen Temperaturen sehr schwach, doch merklich und vielleicht mefsbar ist) eine ziemlich constante Höhe haben.

Bromdampf verhält sich wie Joddampf, ebenso Terpenthinöl, und selbst gasförmiges Chlor bei $+ 75^{\circ}$.

Folgerungen.

1. Quecksilberdampf scheint bei allen Temperaturen zwischen einigen Graden unter Null und 30 Graden darüber wie die übrigen Dämpfe *dem Gesetz der Mischung von Gas und Dämpfen* unterworfen zu seyn. Alle mit Schwefel in seinen verschiedenen Zuständen gemachten Versuche beweisen übereinstimmend, dafs die in Folge der ausschliefslichen Anwendung des Goldes als Reagenzes angenommene Gränze in der Verdampfung des Quecksilbers weit über das hinausgeht, was sich nach den Versuchen des Hrn. Faraday erwarten liefs, weil erwiesen worden ist, dafs der Quecksilberdampf bei der constanten Temperatur von $11^{\circ},5$ sich bis zu einer Höhe von $1^{m},76$ erheben kann.

2. Dafs der Joddampf in einigen Fällen ein Resultat

1) *L'Institut*, 11. *Febr.* 1846, *T. XIV. p.* 56.

liefert, welches zwar auf den ersten Blick anzudeuten scheint, dafs der Quecksilberdampf eine begränzte Atmosphäre bilde, welches aber alleinig aus der relativ zur Luft bedeutenden Dichtigkeit der Dämpfe des Jods und der Quecksilberjodüre, so wie aus der geringen Flüchtigkeit dieser letzteren hervorgeht. Dasselbe gilt vom Bromdampf, Chlorgas u. s. w.

3. Die Flüchtigkeit des Products der Verbindung von Quecksilberdampf mit Schwefel und die sehr geringe Menge von relativ wenig dichten Dampf, welche der Schwefel bei gewöhnlicher Temperatur giebt, erklären dagegen ohne Schwierigkeit die mit diesem erhaltenen Resultate. Die Schwefelbläschen absorbiren den Quecksilberdampf mit grofser Energie, und wenn man Schwefel anwendet hindert nichts die Vermengung der Luft mit den entstandenen Dämpfen. Das in diesem Falle erhaltene Hauptresultat kann also als das normale betrachtet werden.

4. Indem man die von Hrn. Faraday beobachtete Thatsache, welche übrigens vollkommen richtig ist, mit den Ansichten Poisson's über den Zustand der äufsersten Schichten unserer Erdatmosphäre verknüpfte, hat man sich bei den höchsten Fragen der allgemeinen Physik auf die Verdampfungsgränze des Quecksilbers berufen, sowohl wenn es sich um die Gränze der Erdatmosphäre selber, als auch um die Theilbarkeit der Materie handelte, Fragen, die seit Wollaston oft als correlativ betrachtet worden sind. Die Resultate meiner Versuche scheinen zu beweisen, dafs man sich bei Speculationen dieser Art, die von Hrn. Dumas in seinen *Leçons sur la philosophie chimique* mit so vieler Urtheilskraft erörtert worden sind, nicht mehr auf die Verdampfungsgränze des Quecksilbers berufen dürfe [1]).

1) Sich stützend auf seine eigenen Versuche und auf die Versuche anderer Physiker hat Hr. Faraday geglaubt, dafs es für alle Körper Gränztemperaturen gebe, bei welchen die Verdampfung nicht mehr stattfinde. Versuche, mit denen ich mich oft beschäftigt habe, lassen mich glauben, dafs es sich mit den übrigen Körpern ebenso verhalte wie mit dem Quecksilber.

XV. *Ueber die Farben gekühlter Gläser ohne Polarisationsapparat; von W. Rollmann.*

Die genannte Erscheinung haben gewifs schon viele Experimentatoren gesehen, ohne sie weiter zu beachten. So wenigstens ist es mir ergangen, und ich wurde erst durch die Mittheilung des Hrn. Seyffer [1]) zu weiterem Forschen nach dem nicht fern liegenden Grunde der Sache angeregt.

Entfernt man aus einem Nörremberg'schen Polarisations-Apparate die polarisirende und analysirende Vorrichtung und bringt dafür eine gekühlte Glasplatte unter ungefähr 35° Neigung in demselben an, so dafs man durch die Ringe des Apparats und die Platte hindurch deren glänzendes Bild im horizontalen Spiegel erblickt, so zeigt es das bekannte schwarze Kreuz u. s. w. Die Platte ist also hier zu gleicher Zeit der Polarisator, der Zerleger und das Object zwischen beiden. Die von der Platte unter 35° reflectirten, also polarisirten, Strahlen treffen den Spiegel, werden in sich reflectirt, durchdringen die Platte und werden dadurch, wenigstens zum Theil, analysirt. Eine Drehung der Platte im Azimut ändert natürlich das Farbenbild nicht, weil sie einer Drehung des ganzen Apparats gleich ist. Dasselbe Experiment läfst sich mit einem Gypsblättchen anstellen.

Legt man nun die Glasplatte auf eine matte Unterlage horizontal auf das Fensterbrett, so zeigen sich, selbst bei so grauem Himmel wie er an einem pommerschen Wintertage ohne Nebel nur seyn kann, die Farbenflecke in den Ecken der glänzenden Fläche. Ob das Kreuz hell oder dunkel, liefs sich jedoch nicht erkennen, was zwar paradox klingen mag, aber doch richtig ist, indem man bei dem schiefen Ansehen der Platte leicht die das weifse Kreuz begränzenden dunklen Curven für die Aeste des

1) Pogg. Ann. Bd. 90, S. 570.

schwarzen halten kann. Die Farben der Flecke waren ebenfalls zu verwaschen, um sie als Anhaltpunkt zu benutzen. Als nun das Fenster geöffnet wurde, war die Erscheinung wenigstens meinen Augen entschwunden. Die Fensterscheiben hatten also das Licht, sey es durch Reflexiou oder durch Brechung, polarisirt, uud es war dann entweder, nachdem es von der unteren Fläche der Platte reflectirt war, beim zweiten Durchgang durch diese analysirt, oder die untere Fläche der Platte ist Zerleger und zeigt uns durch Reflexiou das Farbenbild, welches beim ersten Durchgange des schon polarisirten Lichtes durch die Platte entstand. Welche Anuahme die richtige sey, mufs sich daraus erkennen lassen, ob die Farbenfigur dem einen oder andereu der angenommenen beideu parallelen Zerleger entspricht. Die Glasplatte konnte hierzu nicht dienen, da sie bei dem trüben Wetter ihre Figur nicht deutlich genug zeigte. Ein leichtes Entscheidungsmittel bietet der Gyps dar, welcher in die Lage der Platte gebracht, selbst bei offenem Fenster seine Farben noch deutlich zeigte, und es stellte sich bei diesem heraus, dafs die Erscheinung zu ihrer Erklärung eine Zerlegung durch Brechung und nicht durch Reflexion fordert, indem ein Satz Glasplatten, parallel dem Glimmer als Zerleger gebraucht, die Farben desselben stärker hervortreten liefs, um 90° gedreht, jedoch die complementaren zeigte. Eine weitere Untersuchung im Polarisationsapparat ergab, dafs die Polarisationsebene des Lichtes, welches die Farben im Gyps hervorbringt, senkrecht auf demselben steht. Es mufs also diefs Licht durch Reflexion polarisirt seyn. Da die Erscheinung bei geschlossenen Fenstern sich stärker zeigte, so hatten die Fensterscheiben durch Reflexion polarisiren helfen. Dafs die Erscheinung sich bei klarem Himmel iutensiver zeigt, ist aus bekannten Gründen klar.

Hr. Seyffer hat bei künstlicher Beleuchtung keine Farben gesehen; ich habe sie sowohl bei Kerzen- als Lampenlicht sehr entschieden, wenn auch schwach bemerkt, was dafür spricht, dafs die untere Fläche der beiden Sub-

stanzen schon allein das Licht so stark polarisirt, dafs man nach dem Durchgange desselben durch die Platten Farben erblickte. Ehe aber das Licht die untere Fläche erreicht, mufs es schon zum Theil polarisirt seyn. Diese Polarisation ist aber entgegengesetzt und schwächer als die, welche es durch Reflexion erleidet.

Stargard d. 18. Januar 1854.

XVI. *Ueber einen Diamantkrystall aus dem Districte Bogagem in Brasilien; von Hrn. Dufrénoy.*

(*Compt. rend. T. XL. p.* 3)

Hr. Halphen hat kürzlich aus Brasilien einen durch seine Gröfse, Reinheit und Krystallform äufserst merkwürdigen Diamanten erhalten. Von den ersten Augenblicken an, da er in den Handel kam, hat er die Aufmerksamkeit der Steinschneider auf sich gezogen, die ihm, zur Unterscheidung von anderen Diamanten, den Namen ***Südstern*** (***Étoile du Sud***) beilegten. Hr. Halphen war so gütig, mir diesen kostbaren Diamanten anzuvertrauen, und beauftragte mich, ihn der Akademie vorzulegen.

Der Südstern wiegt 52grm,275 entsprechend 254,5 Karat. Durch den Schliff wird derselbe fast die Hälfte seines Gewichts einbüfsen und auf etwa 127 Karat zurückkommen.

Diefs Gewicht wird ihn noch in den vierten oder fünften Rang der bekannten kostbarsten Diamanten setzen. Es wiegt nämlich der ***Regent*** 136 Karat, der ***Ko-hi-noor,*** welcher Ihrer Maj. der Königinn von England gehört und auf der allgemeinen Ausstellung zu London i. J. 1851 die Aufmerksamkeit des Publikums erregte, 120 bis 122 Karat.

Den Steinschleifern zufolge, welche gewohnt sind den Glanz eines Diamanten selbst im rohen Zustand zu beur-

theilen, wird der Südstern eine vollkommene Klarheit und jenen eigenthümlichen Glanz besitzen, welcher dem Diamant einen so hohen Werth verleiht.

Der Preis von Diamanten analoger Dimensionen wie die des Südsterns läfst sich nicht angeben; solche aufsergewöhnliche Diamanten können nicht als Handelsgegenstände betrachtet werden. Ihr Werth, welcher zwischen sehr beträchtlichen Gränzen und nach Umständen schwankt, ist ganz conventionell. Wir erinnern nur daran, dafs der Regent i. J. 1848 in den Inventarien der Krone zu 8 Millionen (Franken?) aufgeführt, und der Ko-hi-noor der Ostindischen Compagnie zu 6 Millionen überlassen wurde. Ungeachtet dieses hohen Preises würde ich den Südstern nicht der Akademie vorgezeigt haben, wenn dieser nicht gewisse Eigenthümlichkeiten darböte, die noch nicht an Diamantkrystallen beobachtet worden sind und ihm ein grofses wissenschaftliches Interesse geben; sie scheinen mir selbst von der Art, neue Ideen über das Vorkommen der Diamanten zu erregen.

Die allgemeine Gestalt des Südsterns ist ein Rhomben-Dodecaëder, welches auf jeder seiner Flächen eine sehr stumpfe Zuschärfung hat und folglich vier und zwanzig Flächen darbietet. Die Flächen sind matt, wie chagrinirt. Aufserdem bemerkt man leichte Streifen, die auf die den Diamant als Mineralspecies charakterisirenden octaëdrischen Spaltbarkeiten führen.

Das specifische Gewicht ist nach Hrn. Halphen 3,529 bei 15° C.

Auf einer der Flächen dieses Diamants beobachtet man eine ziemlich tiefe Höhlung, die, wie man erkennt, von einem ehemals darauf sitzenden octaëdrischen Krystall herrührt. Das Innere dieser Höhlung zeigt unter der Lupe octaëdrische Streifen; es ist also nicht zweifelhaft, dafs der Krystall, welcher seine Spur zurückgelassen hat, ein Diamant war.

Auf dem hinteren Theil des Diamanten bemerkt man zwei andere weniger tiefe Höhlungen, ebenfalls auf ihrer inneren Fläche mit octaëdrischen Streifen versehen. Eine

derselben zeigt sogar Spuren von drei bis vier verschiedenen Krystallen.

Auf dieser selben Seite des Krystalls sieht man eine platte Partie, wo die Spaltbarkeit erscheint. Ich bin geneigt sie für eine Bruchfläche zu halten; vielleicht safs hier der Diamant auf der Gangmasse, von der er durch Diluvial-Phänomene losgerissen ward.

Endlich gewahrt man einige schwarze Lamellen, welche mir zum Titaneisen zu gehören scheinen, einem Mineral, das in den Alpen und in Brasilien oft mit Quarzkrystallen vorkommt.

Aus allen diesen Thatsachen folgt, dafs der *Südstern* ursprünglich zu einer Gruppe von Diamantkrystallen gehörte, die analog war den Krystallgruppen von Quarz, Kalkspath, Schwefelkies und den meisten krystallisirten Mineralien. Der Diamant käme also als Auskleidung von Geoden vor, inmitten gewisser Gesteine, die uns zwar noch unbekannt sind, die aber nach der von Hrn. Lomonosoff i. J. 1843 mitgetheilten Beobachtung zum metamorphischen Terrain von Brasilien gehören würden. Das wäre also seine wahre Lagerstätte und in dieser Beziehung würde die Bildung der Diamanten Analogie haben mit der der meisten Krystalle, besonders mit der Bildung der Quarzgeoden, welche man im Carrarischen Marmor findet.

Der Südstern wurde im Juli 1853 von einer in den Gruben von Bogagem, einem Districte der Provinz Minas Geraes, beschäftigten Negerinn aufgefunden. Er ist der gröfste Diamant, der aus Brasilien nach Europa gekommen ist. Die berühmtesten Diamanten, der des Kaisers von Rufsland, der des Grofsherzogs von Toscana, der Regent, der Ko-hi-noor, stammen sämmtlich aus Ostindien.

Der Südstern wird auf der im Mai beginnenden allgemeinen Ausstellung prangen. Sein Glanz wird dann ohne Zweifel die Menge ergötzen, aber er wird dann sein wissenschaftliches Interesse verloren haben, und das war der Grund, weshalb ich die Beschreibung desselben der Akademie mittheilte. Die Operation des Schleifens erfordert eine unaus-

gesetzte Arbeit von zwei Monaten, und geschieht ohne Abspalten blofs durch die Schleifmühle.

XVII. *Ueber die von den Seefahrern unter dem Namen Meermilch beschriebenen Erscheinungen; von Hrn.* Camille Dareste.

(*Compt. rend. T. XL. p.* 316.)

In einer neueren Mittheilung lenkte Hr. Grafton Chapman die Aufmerksamkeit der Akademie auf eine ungewöhnliche Erscheinung, welche er auf der See beobachtete und dem Wasser das Ansehen von Milch verlieh. Da ich zum Behufe des mich eben beschäftigenden Studiums der Färbung des Meeres genöthigt war, eine grofse Zahl von Seereisen zu lesen, so habe ich viele derartige Beobachtungen angetroffen, und obwohl ich sie nicht speciell studirt habe, kann ich doch als das Resultat der Vergleichung dieser particulären Thatsachen einige allgemeine Folgerungen hinstellen.

Zuvörderst sind diese Erscheinungen sehr häufig, viel häufiger als die rothen Färbungen, in dem Grade, dafs es gegenwärtig vielleicht kein wissenschaftliches Reisewerk giebt, welches nicht deren erwähnte. Ich glaube mich nicht sehr von der Wahrheit zu entfernen, wenn ich annehme, dafs die Anzahl dieser Beobachtungen fast drei Mal so grofs ist als die von rothen Färbungen.

Besonders sind die intertropischen Meere der Schauplatz dieser Erscheinungen, vor allem, wie es scheint, der Golf von Guinea und das Arabische Meer. Die meisten Beobachtungen beziehen sich auf diese beiden Gegenden. In dem letzteren Meere ist das Phänomen schon den Alten, mehr als ein Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung bekannt gewesen, wie aus der merkwürdigen Aeufserung des Geo-

graphen Agatharchides erhellt: Längs diesem Lande (der Küste von Arabien) hat das Meer ein weifses Ansehen wie ein Flufs; die Ursache dieser Erscheinung ist für uns ein Gegenstand des Erstaunens [1]).

Wahrscheinlich ist diefs Phänomen wie das der rothen oder blutigen Meere ein Product verschiedener Ursachen. In der Mehrzahl der Fälle, wie bei der Beobachtung des Hrn. Grafton Chapman, entsteht diefs Phänomen jedoch gleichzeitig mit der Phosphorescenz des Meers, und Alles läfst glauben, dafs es eben durch die phosphorescirenden Thierchen selbst hervorgebracht wird.

Es erklärt sich übriges durch die schönen Beobachtungen, welche zu Boulogne i. J. 1850 von Hrn. Quatrefages gemacht worden sind [2]). Dieser Gelehrte hat nämlich beobachtet, dafs die Noctiluken, welche dieses Phänomen hervorbringen, nicht immer lebhafte und glänzende Funken geben, sondern unter gewissen Umständen, welche er mit vieler Sorgfalt studirt hat, ein stetes und wenig starkes Licht verbreiten, welches diesen Thierchen eine weifse Farbe giebt. Man begreift somit, dafs, wenn diese Thierchen in bedeutender Masse vorhanden sind, viele von ihnen diese stete Helligkeit (*clarté fixe*) verbreiten und das Meer auf grofse Strecken weifs färben können. Die Noctiluken scheinen nicht die einzigen Thiere zu seyn, welche diese Eigenschaft besitzen. Bei der Beobachtung des Hrn. Grafton Chapman scheinen die Thiere, welche die weifse Farbe und die Phosphorescenz hervorbringen, wahrscheinlich zu den Salpen oder Pyrosomen zu gehören.

Endlich kommen, wie ich es für die rothen Färbungen zu erweisen gesucht habe, die weifsen Farben häufig, wenn nicht gar immer, an denselben Localitäten vor. Ich will nur ein Beispiel anführen, welches in der Nähe der cap-

1) *Agatharchides, De mari rubro*, in den: *Geographi minores*, (*Oxford* 1698) *T. I. p.* 65.

2) *Quatrefages, Mém. sur la phosphorescence de quelques invertébrés marins* (*Ann. des sciences naturelles*, 3e *série zologique T. XIV. p.* 260).

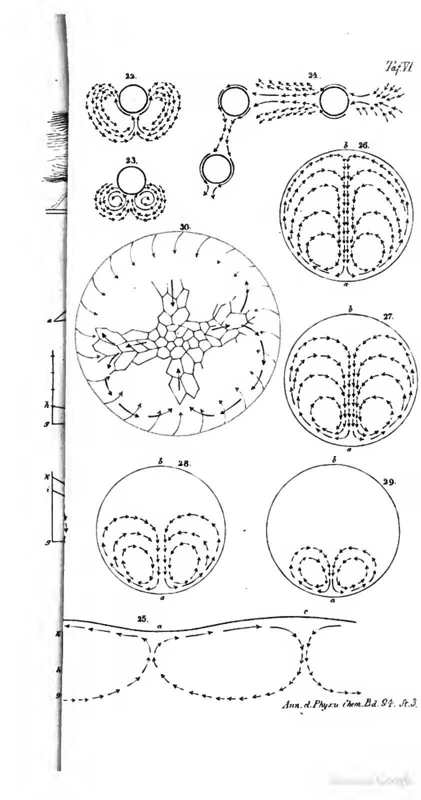


verdischen Inseln beobachtet wurde. Es ist genommen aus der: *Voyage de la Vénus* (*T. I. p.* 26) des Hrn. Dupetit-Thouars:

»Am 13 Januar 1837, um 2 Uhr, als wir am Meere eine Farbenveränderung wahrnahmen, sondirten wir und fanden bei 300 Faden (*brasses*) keinen Grund. Die Farbenänderung schien also nicht einer Beschaffenheit des Bodens zugeschrieben werden zu müssen, sondern wahrscheinlicher der Gegenwart der kleinen Thiere oder Mollusken, welche die Engländer *Squid* nennen.«

»Die gefärbt erscheinenden Gewässer ändern ihren Ort nicht merklich. In der That habe ich sie auf mehren Reisen an derselben Stelle getroffen. Um nicht blofs das von mir selbst Beobachtete anzuführen, will ich bemerken, dafs wir sie auf dieser Fahrt unter 21° 29′ 39″ N. und 21° 45′ 30″ W. v. Paris antrafen; dafs Frézier sie auf seiner Reise nach Chili i. J. 1712 unter 21° 21′ N. und 21° 39′ W. fand, und der amerikanische Capitän Fanning am 12 Juli 1797 unter 21° 48′ N. und 23° 50′ W. v. Greenwich. Alle diese Beobachtungen scheinen zu beweisen, dafs die gefärbten Wässer begränzt sind und es scheint mir fast unmöglich, dafs sie nicht dieselben waren wie die, welche in den oben citirten Reisen gesehen wurden, weil die Oertlichkeiten fast dieselben sind.«

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.


Taf. VI
22.
23.
24.
26.
30.
27.
28.
29.
25.
Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 94. St. 3.

1855. ANNALEN *No.* 4.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XCIV.

I. *Ueber die Zersetzung unlöslicher Salze vermittelst der Lösungen auflöslicher Salze; von Heinr. Rose.*

Man hat meines Erachtens bei chemischen Processen nicht genug Aufmerksamkeit der Verwandtschaft der Salze unter sich geschenkt, welche die Erfolge auf mannigfaltige Weise modificiren kann. Es ist mir diefs besonders bei meinen Untersuchungen über den Einflufs des Wassers bei chemischen Zersetzungen klar geworden, und nur durch diese Verwandtschaft habe ich mir manches erklären können, was bisher den Chemikern dunkel geblieben ist.

Wenn die Lösungen zweier löslicher Salze mit einander vermischt werden, so entbehren wir völlig einer Vorstellung, auf welche Weise die Basen und die Säuren derselben in der Auflösung mit einander gepaart sind, wenn wir nicht durch Fällung oder durch ein langsameres Herauskrystallisiren einer Verbindung den Hergang des Processes näher untersuchen können. Ebenso können wir die Erfolge studiren, wenn unlösliche Salze durch Lösungen löslicher Salze zersetzt werden. Es ist diefs indessen mehr versäumt worden, und man hat die Hindernisse nicht genügend erklärt, welche verursachen, dafs diese Zersetzung sehr häufig nur eine theilweise und keine vollkommene ist. Die einzigen Chemiker, welche sich mit diesem Gegenstande beschäftigt haben, sind Dulong, dessen Untersuchungen, die schon vor 42 Jahren angestellt worden sind, man wenig Aufmerksamkeit geschenkt hat [1]), und G. Bischof, der in

1) Annalen der Chemie, Bd. 82, S. 275.

seinem Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie die Entstehung vieler Mineralien durch die Einwirkung der Lösungen löslicher Salze auf unlösliche auf eine ungezwungene Weise zu erklären sucht.

Auch ich habe in dieser Hinsicht eine Reihe von Versuchen angestellt, von denen ich nur einige hier mittheilen werde, um an diesen Beispielen zu zeigen, wodurch oft unlösliche Salze, wenn sie durch lösliche zersetzt werden, eine merkwürdige Ausnahme von den gewöhnlichen Verwandtschaftsgesetzen machen. Die Erklärung bei diesen wird sich auch auf andere Fälle anwenden lassen.

I. Ueber die Zersetzung der schwefelsauren Baryterde vermittelst der kohlensauren Alkalien.

Ueber die Zersetzung der schwefelsauren Baryterde sind besonders in früheren Zeiten mannigfaltige Untersuchungen angestellt worden.

Bei seiner Untersuchung der Mineralien, welche mit Kohle geglüht nach Absorption des Lichts im Dunkeln leuchten, fand Marggraf, dafs der sogenannte Bologneser Stein nicht nur durchs Schmelzen mit kohlensaurem Kali, sondern auch schon auf nassem Wege durchs Kochen desselben mit einer Lösung von kohlensaurem Kali zersetzt werde [1]). Er überzeugte sich, dafs nach beiden Methoden das angewandte *Sal alcali fixum vegetabile in Tartarus vitriolatus* verwandelt würde, und dafs die in Wasser ungelöst bleibende Erde mit Säuren stark aufbrause. Ebenso wie der Bologneser Stein verhielten sich die sogenannten schweren Flufsspathe (Schwerspath) aus Deutschland, namentlich aus dem sächsischen Erzgebirge, die überhaupt dem Bologneser Stein in allen Stücken glichen, und sich nur dadurch von dem Fraueneis (Gyps) unterschieden, dafs sie mit Traganthschleim angerieben, und zwischen Kohlen calcinirt, einen Phosphor gaben, der ein anderes und stärkeres Licht ausstrahlte, und dafs die Kalkerde,

1) Marggraf's chymische Schriften, herausgegeben von Beausobre, Berlin 1767, Bd. 2, S. 135.

welche bei der Behandlung mit kohlensaurem Alkali zurückbleibt, Thon ähnliche Bestandtheile enthielte, welche sich in Säuren nicht auflösen und welche die Ursach sind, dafs der Bologneser Stein und die schweren Flufsspathe sich nicht oder schwerer in Wasser lösen, als die *Glacies Mariae.*

Der Entdecker der Baryterde konnte den Schwerspath nur zersetzen, indem er ihn vermittelst Kohle und Honigs in Schwefelbaryum verwandelte [1]), und es war erst Wiegleb, der ohne, wie es scheint, die Marggraf'sche Zersetzungsweise der schwefelsauren Baryterde zu kennen, das Schmelzen derselben mit kohlensaurem Kali empfahl [2]). Da er aber gegen einen Theil der schwefelsauren Baryterde nur $1\frac{1}{2}$ Th. des kohlensauren Kalis anwandte, so war die Zersetzung keine vollständige, und nach Behandlung der geschmolzenen Masse mit Wasser erhielt er neben kohlensaurer noch viel unzersetzte schwefelsaure Baryterde, die, nachdem erstere durch Chlorwasserstoffsäure gelöst, von Neuem mit kohlensaurem Alkali geschmolzen werden mufste. Dieselbe Art der Zersetzung führte fast um dieselbe Zeit Fourcroy in Frankreich ein.

Später erst wurde die Methode, die schwefelsaure Baryterde auf nassem Wege durchs Kochen mit einer Auflösung von kohlensaurem Alkali zu zersetzen, wieder eingeführt, und zwar zuerst von Kirchhof in Petersburg [3]), so wie fast zu gleicher Zeit von Klaproth [4]). Letzterer untersuchte auf diese Weise den schwefelsauren Baryt von Freiberg, und zwar so, dafs er nach dem Auskochen des Minerals mit einer Lösung von kohlensaurem Kali den ausgewaschenen Rückstand mit Chlorwasserstoffsäure behandelte, und die unzersetzt gebliebene schwefelsaure Baryterde von Neuem einer Behandlung mit kohlensaurer Kali-

1) Scheele's Werke, Bd. 2, S. 179.

2) Crell's neuste Entdeckungen in der Chemie, Th. 11, S. 14.

3) Tromsdorf's Journ. der Pharmacie, Bd. 3, Stück 2, S. 354.

4) Crell's chemische Annalen 1796, Bd. 1, S. 387, und Klaproth's Beiträge Bd. 2, S. 73.

lösung und Chlorwasserstoffsäure unterwarf, was noch einige Male wiederholt wurde.

Meines Wissens war es zuerst Rich. Phillips, welcher darauf aufmerksam machte, dafs umgekehrt kohlensaure Baryterde durchs Kochen mit einer Lösung von schwefelsaurem Kali, aber auch nur theilweise, nicht vollständig zersetzt werden könne [1]). Später behauptete Kölreuter, dafs ein Gewichtstheil kohlensaurer Baryterde schon in der Kälte durch die Lösung von einem Gewichtstheile des schwefelsauren Kalis und von zweien des schwefelsauren Natrons vollständig zerlegt werde, während die erzeugte schwefelsaure Baryterde mit der Lösung des erhaltenen kohlensauren Alkalis bis zur Breiform eingekocht, sich wiederum in kohlensaure Baryterde und in schwefelsaures Alkali verwandle [2]).

Ich habe mehrere Versuche angestellt, um die Ursachen zu ergründen, weshalb die schwefelsaure Baryterde, namentlich auf nassem Wege, nur theilweise, wie man annimmt, durch die Lösungen der kohlensauren Alkalien zerlegt werde.

Zersetzung der schwefelsauren Baryterde durch kohlensaure Alkalien auf nassem Wege.

Wird schwefelsaure Baryterde bei der gewöhnlichen Temperatur mit einer concentrirten oder verdünnten Lösung von kohlensaurem Kali oder von kohlensaurem Natron behandelt, so findet innerhalb zweier Tage keine oder fast keine Zersetzung statt, und in der alkalischen Lösung kann keine Schwefelsäure wahrgenommen werden. Bleibt die alkalische Lösung längere Zeit, mehrere Tage, mit der schwefelsauren Baryterde in Berührung, so findet man höchst geringe Spuren von Schwefelsäure in der filtrirten Lösung.

Auflösungen von zweifach-kohlensaurem Kali und Natron verhalten sich bei gewöhnlicher Temperatur gegen schwefelsaure Baryterde wie die der einfach-kohlensauren

1) *The Journal of Science and the arts Vol. I. p.* 80.
2) Geiger's Magazin für Pharmacie, Bd. 8, S. 184.

Alkalien. Es wird durch sie eine höchst geringe Menge des unlöslichen Salzes vielleicht mehr zersetzt.

Nur in heifsen Sommermonaten, wenn die Lufttemperatur mehr als 30° C. betrug, erhielt ich bisweilen schon nach 12 Stunden in der Lösung der einfach-kohlensauren Alkalien eine schwache Trübung vermittelst Chlorbaryums nach Uebersättigung mit Chlorwasserstoffsäure, wenn dieselben mit schwefelsaurer Baryterde längere Zeit in Berührung gewesen waren.

Wird aber die Lösung des kohlensauren Alkalis mit der schwefelsauren Baryterde gekocht, so findet bekanntlich eine Zersetzung statt. Es bildet sich eine bedeutende Menge von schwefelsaurem Alkali und von kohlensaurer Baryterde.

Man glaubt aber auch durch zahlreiche Untersuchungen ermittelt zu haben, dafs, wie lange man auch das Kochen fortsetzt, wie grofs auch die Menge des angewandten kohlensauren Alkalis, und wie concentrirt auch die Lösung desselben seyn mag, die Zersetzung keine vollständige ist. Immer soll das Unlösliche neben kohlensaurer auch aus schwefelsaurer Baryterde bestehen. So sagt unter andern noch R. Phillips in seiner oben angeführten Abhandlung: Es erhellt namentlich aus Klaproth's Versuchen, dafs selbst eine grofse Menge einer Lösung von kohlensaurem Kali nicht im Stande ist, eine geringe Menge von schwefelsaurer Baryterde gänzlich zu zersetzen.

Nachdem ich schwefelsaure Baryterde längere Zeit mit kohlensaurer Kalilösung gekocht hatte, liefs ich das Unlösliche sich senken, gofs die Flüssigkeit ab, ersetzte sie durch eine neue Lösung von kohlensaurem Kali, kochte von Neuem, und nachdem ich diefs noch einmal wiederholt, und das Unlösliche vollständig ausgewaschen hatte, fand ich, dafs dasselbe sich vollständig unter Brausen in verdünnter Chlorwasserstoffsäure löste. Es bestand also aus reiner kohlensaurer Baryterde, und die Zersetzung, auf die beschriebene Art ausgeführt, war eine ganz vollständige gewesen.

Es ist also die Gegenwart des entstandenen schwefelsauren Alkalis die Ursach, welche die gänzliche Zersetzung der schwefelsauren Baryterde durch kohlensaures Alkali auf nassem Wege verhindert. Entfernt man das schwefelsaure Alkali, so steht der vollständigen Zersetzung kein Hindernifs mehr entgegen.

Dieselben Resultate erhielt ich durch ähnliche Behandlung der schwefelsauren Baryterde mit kohlensaurer Natronlösung.

Offenbar ist es besonders die Verwandtschaft des schwefelsauren Alkalis zur schwefelsauren Baryterde und auch die des schwefelsauren Alkalis zum kohlensauren, wodurch die Zersetzung der schwefelsauren Baryterde durch letzteres verhindert wird. Wir kennen zwar noch nicht Verbindungen von schwefelsaurem Alkali und von schwefelsaurer Baryterde, so wie von schwefelsaurem und von kohlensaurem Alkali im festen und im krystallinischen Zustand; dafs sie aber bestehen, letztere in ihrer Lösung im Wasser, geht aus diesen Versuchen zum Theil hervor.

Schlagender noch wird diefs durch das *Experimentum crucis* bewiesen. Ich kochte schwefelsaure Baryterde mit einer Lösung von kohlensaurem und von schwefelsaurem Kali, welche gleiche Gewichtstheile beider Salze enthielt. Wie lange ich aber auch das Kochen fortsetzte, so konnte nicht die kleinste Menge der schwefelsauren Baryterde zersetzt werden. Nachdem das Ungelöste vollständig ausgewaschen worden war, brauste es nicht im Mindesten mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure, welche auch nach längerer Digestion durch Hinzufügung von verdünnter Schwefelsäure nicht getrübt wurde.

Diesen Versuch hat eigentlich auch schon Dulong angestellt, als er eine Lösung von kohlensaurem Kali mit schwefelsaurer Baryterde hatte kochen lassen, und die filtrirte Flüssigkeit, die noch viel kohlensaures Kali enthielt, ohne Erfolg mit einer neuen Menge von schwefelsaurer Baryterde behandelte.

Dasselbe Resultat ergab sich mir, als ich schwefelsaure

Baryterde mit einer Lösung von gleichen Gewichtstheilen von schwefelsaurem und von kohlensaurem Natron behandelte. Ebenso-kochte ich, ebenfalls ohne allen Erfolg, schwefelsaure Baryterde mit Lösungen von schwefelsaurem Kali und kohlensaurem Natron.

Es drängte sich nun mir die Frage auf: sind die Verwandtschaften des schwefelsauren Alkalis zum kohlensauren und zur schwefelsauren Baryterde die alleinigen oder nur die Hauptursachen, dafs das kohlensaure Alkali verhindert wird, die gänzliche Zersetzung der schwefelsauren Baryterde zu bewirken? Wenn ich aber namentlich den Einflufs des Wassers auf die Doppelverbindungen bedachte, das unstreitig schon zersetzend auf dieselbe einwirken mufs, da wir dieselben nicht im festen Zustande kennen, so schien es mir wahrscheinlich, dafs bei verschiedenen Zuständen der Concentration der Lösungen, und auch bei einem verschiedenen Verhältnifs des schwefelsauren zum kohlensauren Alkali die Erfolge verschieden ausfallen müssen. Eben so werden unstreitig auch die Erfolge durch die Verwandtschaft modificirt, welche die entstehende kohlensaure Baryterde zum kohlensauren Alkali und selbst zur schwefelsauren Baryterde zeigt. Dafs eine Verwandtschaft zwischen den verschiedenen kohlensauren Verbindungen besteht, die freilich in den meisten Fällen durch den Einflufs des Wassers aufgehoben wird, habe ich oft zu bemerken Gelegenheit gehabt. Ich mache nur darauf aufmerksam, dafs mehrere Verbindungen kohlensaurer Salze im krystallisirten Zustande in der Natur vorkommen; ferner dafs bei der Fällung von Lösungen schwefelsaurer Metalloxyde durch einen Ueberschufs von kohlensauren Alkalien, das schwefelsaure Alkali zuerst ausgewaschen wird, und wenn dieses durchs Auswaschen schon entfernt ist, enthält das Waschwasser noch kohlensaures Alkali, in Folge einer Verwandtschaft des entstandenen kohlensauren Metalloxyds zum kohlensauren Alkali [1]).

Es lassen sich diese Fragen durch Versuche beantwor-

1) Pogg. Ann. Bd. 85, S. 124.

ten, und diese haben nun in der That gezeigt, dafs die Erfolge verschieden ausfallen.

Es wurde eine bedeutende Menge von schwefelsaurer Baryterde mit einer Lösung von 3 Grm. kohlensaurem Kali ungefähr eine halbe Stunde hindurch gekocht. In der filtrirten Flüssigkeit wurde die Menge der Kohlensäure und der Schwefelsäure nach bekannten Methoden bestimmt. Der ausgewaschene Rückstand wurde darauf auf dieselbe Weise noch vier Mal, jedes Mal mit einer Lösung von 3 Grm. kohlensaurem Kali gekocht, und in den filtrirten Flüssigkeiten das Verhältnifs der Kohlensäure zur Schwefelsäure untersucht. Die Resultate dieser Versuche waren folgende:

	Verhältnifs der Schwefelsäure zur Kohlensäure.	Atomverhältnifs.
1ste Flüssigkeit	100 : 433,33	2 : $15\frac{3}{4}$
2te »	100 : 317,57	2 : $11\frac{1}{2}$
3te »	100 : 431,25	2 : $15\frac{2}{3}$
4te »	100 : 241,30	2 : $8\frac{3}{4}$
5te »	100 : 425,74	2 : $15\frac{1}{2}$

Man sieht hieraus, dafs in den erhaltenen Flüssigkeiten das schwefelsaure und das kohlensaure Kali in keinem einfachen Verhältnisse zu einander stehen.

Es wurden auch ähnliche Versuche mit Lösungen von kohlensaurem Natron angestellt, welche mit schwefelsaurer Baryterde gekocht wurden. Es wurden folgende Resultate erhalten:

	Verhältnifs der Schwefelsäure zur Kohlensäure.	Atomverhältnifs.
1ste Flüssigkeit	100 : 337	2 : $12\frac{1}{4}$
2te »	100 : 322	2 : $11\frac{3}{4}$
3te »	100 : 428	2 : $15\frac{1}{2}$

Durch die dritte Menge des kohlensauren Natrons war die schwefelsaure Baryterde fast gänzlich zersetzt worden, denn der ausgewaschene Rückstand löste sich fast ganz in verdünnter Chlorwasserstoffsäure auf.

Wenn nun auch durch die verschiedenen Verwandtschaften, die bei diesen Processen thätig sind, verschiedene

Erfolge bei verschiedenen Versuchen erhalten werden, so ergiebt sich doch aus den erhaltenen Versuchen deutlich, dafs schon eine kleine Menge des schwefelsauren Alkalis die Zersetzung der schwefelsauren Baryterde durch kohlensaures Alkali zu hindern im Stande ist.

Aber es wird doch aus diesen Versuchen zugleich klar, dafs wenn auch eine sehr kleine Menge des schwefelsauren Alkalis die Wirkung einer grofsen Menge des kohlensauren Alkalis auf schwefelsaure Baryterde verhindern kann, die bisher allgemein angenommene Ansicht nicht unbedingt richtig seyn kann, dafs durch keine Menge von angewandten kohlensaurem Alkali die schwefelsaure Baryterde auf nassem Wege vollständig zersetzt werden könne.

Durch Versuche habe ich mich aber überzeugt, dafs die Menge des kohlensauren Alkalis allerdings aufserordentlich bedeutend seyn mufs, wenn die Zersetzung der schwefelsauren Baryterde vollständig auf nassem Wege gelingen soll. Wird ein Atomgewicht derselben mit 5, ja mit 10 Atomgewichten von kohlensaurem Kali, das in der hundertfachen Menge Wassers gelöst worden war, gekocht, und zwar eine und auch mehrere Stunden hindurch unter öfterer Erneuerung des verdampften Wassers, so ist nach dem vollständigen Auswaschen die erhaltene kohlensaure Baryterde noch nicht vollkommen rein, sondern enthält noch eine, freilich aber nur geringe, Mengen von schwefelsaurer. Erst als 15 Atomgewichte des kohlensauren Alkalis gegen eins der schwefelsauren Baryterde angewandt wurden, konnte in der That auf nassem Wege eine vollständige Zersetzung erlangt werden, und die erhaltene kohlensaure Baryterde löste sich vollständig in verdünnter Chlorwasserstoffsäure auf.

Dieselben Versuche wurden mit kohlensaurem Natron wiederholt. 10 Atomgewichte des Salzes konnten noch nicht eine ganze vollständige Zersetzung von einem Atomgewicht von schwefelsaurer Baryterde auf nassem Wege bewirken. Sie enthielt noch eine, wiewohl sehr geringe Menge von schwefelsaurer Baryterde. Erst bei Anwendung

von 15 Atomgewichten wurde die vollständige Zersetzung erreicht.

Dulong hat gezeigt, dafs unter sonst gleichen Umständen gleiche Aequivalente von kohlensaurem Kali und von kohlensaurem Natron sehr ungleiche Mengen von kohlensaurer Baryterde erzeugen, wenn sie mit gleichen Mengen von schwefelsaurer Baryterde gekocht werden. Er erhielt aus 8 Grm. schwefelsaurer Baryterde, nachdem sie mit einer Lösung von 10 Grm. kohlensaurem Kali gekocht worden war, 2,185 Grm. kohlensaure Baryterde, und als er dieselbe Menge der schwefelsauren Baryterde mit einer Lösung von 7,66 Grm. kohlensauren Natrons ebenso behandelt hatte, nur 1,833 Grm. kohlensaurer Baryterde.

Um genau zu erforschen, welche Resultate man erhält, wenn man gleiche Atomgewichte von schwefelsaurer Baryterde und von kohlensaurem Alkali auf nassem Wege durchs Kochen zersetzt, wurden folgende Versuche von Hrn. Weber angestellt:

3,208 Grm. schwefelsaurer Baryterde (1 Atom) mit einer Lösung von 1,902 Grm. kohlensauren Kalis (1 Atom) in der sechszigfachen Menge von Wasser eine halbe Stunde hindurch gekocht, während das verdampfte Wasser ersetzt wurde, gaben, nachdem das Ungelöste nach dem Auswaschen mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure behandelt worden war, 2,830 Grm. ungelöste schwefelsaure Baryterde. Es sind also erhalten worden:

						Atome
Schwefelsaure Baryterde	2,830	Grm.	oder	55,38	Proc.	8
Kohlensaure Baryterde	0,319	»	»	6,24	»	1
Schwefelsaures Kali	0,283	»	»	5,54	»	1
Kohlensaures Kali	1,678	»	»	32,84	»	8
	5,110			100,00.		

Von 9 Atomen angewandter schwefelsaurer Baryterde und von kohlensaurem Kali sind daher ungefähr von jedem nur 1 Atom zersetzt, und 1 At. kohlensaure Baryterde und 1 Atom schwefelsaures Kali gebildet worden.

3,208 Grm. schwefelsaurer Baryterde (1 At.) auf ganz

gleiche Weise mit 1,463 Grm. kohlensaurem Natron (1 At.) behandelt, gaben 2,912 Grm. unzersetzter schwefelsaurer Baryterde. In diesem Falle ist das Resultat folgendes:

						At.
Schwefelsaure Baryterde	2,912	Grm.	oder	62,34	Proc.	10
Kohlensaure Baryterde	0,252	»	»	5,39	»	1
Schwefelsaures Natron	0,180	»	»	3,83	»	1
Kohlensaures Natron	1,329	»	»	28,44	»	10
	4,67.			100,00.		

In diesem Falle sind von 11 Atomen der schwefelsauren Baryterde und des kolensauren Natrons nur 1 Atom von jedem Salze zersetzt worden.

Dulong, der weit gröfsere Mengen von kohlensauren Alkalien anwandte, erhielt dadurch weit bedeutendere Mengen von kohlensaurer Baryterde. Aber es ist bemerkenswerth, dafs die relativen Mengen der erzeugten kohlensauren Baryterde bei diesen Versuchen und bei den seinigen nicht sehr stark von einander abweichen. Während er von 100 Th. schwefelsaurer Baryterde durch kohlensaures Kali 27,31 Th.. und durch kohlensaures Natron 22,91 Th. kohlensaurer Baryterde erhielt, gaben bei diesen Versuchen 100 Th. schwefelsaurer Baryterde vermittelst des kohlensauren Kalis 9,94 Th., und vermittelst des kohlensauren Natrons 7,85 Th. kohlensaurer Baryterde.

Schon R. Phillips hat untersucht wie viel von kohlensaurer Baryterde erhalten wird, wenn gleiche Atomgewichte von schwefelsaurer Baryterde und von kohlensaurem Kali auf nassem Wege zersetzt werden. Er erhielt aber aus 100 Th. der schwefelsauren Baryterde 19,5 Th. kohlensaurer Baryterde, also fast noch einmal so viel, als bei den Versuchen des Hrn. Weber erhalten wurde. Er hatte das kohlensaure Alkali in derselben Menge von Wasser gelöst, aber 2 Stunden hindurch gekocht.

Zersetzung der kohlensauren Baryterde durch schwefelsaure Alkalien auf nassem Wege.

Wird kohlensaure Baryterde mit einer Auflösung von schwefelsaurem Kali bei gewöhnlicher Temperatur behan-

delt, so findet sehr bald eine Zersetzung statt, und die kohlensaure Baryterde wird in schwefelsaure verwandelt. Diese Verwandlung erfolgt schneller und vollständiger, als die umgekehrte, denn sie findet schon in der gewöhnlichen Temperatur vollständig statt. Nach einiger Zeit Berührung enthält die entstandene ungelöste schwefelsaure Baryterde keine kohlensaure Baryterde mehr.

Ebenso wird die kohlensaure Baryterde schon vollständig bei gewöhnlicher Temperatur durch eine concentrirte Lösung von schwefelsaurem Natron zersetzt.

Auch beim Kochen der kohlensauren Baryterde mit schwefelsaurem Alkali ist die Zersetzung vollständig.

In diesen Fällen wirkt also die kleine Menge des entstandenen kohlensauren Alkalis bei Anwesenheit von gröfseren Mengen von schwefelsaurem Alkali nicht so hindernd, wie das gebildete schwefelsaure Alkali bei Gegenwart auch von bedeutenden Mengen von kohlensaurem Alkali bei der Zersetzung der schwefelsauren Baryterde durch Lösungen von kohlensaurem Alkali. Dafs bei diesen Zersetzungen die Verwandtschaft der schwefelsauren Baryterde zum schwefelsauren Alkali viel beiträgt, ergiebt sich daraus, dafs das schwefelsaure Kali von der erzeugten schwefelsauren Baryterde schwer durch Auswaschen mit Wasser zu trennen ist.

Es liefs sich voraussehen, dafs die Einwirkung der schwefelsauren Alkalien auf kohlensaure Baryterde durch die Gegenwart einer gewissen Menge von kohlensaurem Alkali gehemmt werden mufs. Und in der That als ich kohlensaure Baryterde mit einer Lösung von kohlensaurem und von schwefelsaurem Kali, in welcher die doppelte Gewichtsmenge des ersteren Salzes gegen die einfache des letzteren enthalten war, längere Zeit hindurch kochte, so war das Ungelöste nach dem vollkommenen Auswaschen ganz unveränderte kohlensaure Baryterde, welche sich vollständig in verdünnter Chlorwasserstoffsäure löse.

Man sieht also, dafs die schwefelsaure Baryterde sich schon auf nassem Wege durch Mengungen von Lösungen von schwefelsaurem und von kohlensaurem Alkali, in wel-

chem das letztere aber sehr vorwalten mufs, vollständig in kohlensaure Baryterde verwandelt, während umgekehrt diese wiederum zu schwefelsaurer Baryterde wird, wenn man sie mit Lösungen von schwefelsaurem und kohlensaurem Alkali, in welchem aber das erstere vorwaltet, behandelt.

(Fortsetzung folgt.)

II. *Mittheilungen aus dem chemischen Laboratorium zu Clausthal; von Dr. August Streng.*

1. Volumetrische Bestimmung des Eisens.

Im Januarheft der Annalen der Chem. und Pharm. (Bd. 93, S. 51) befindet sich ein Aufsatz von Dr. Mohr: »Ueber Oxydations- und Reductions-Analysen« in welchem unter andern auch meine Arbeit »über eine allgemein anwendbare Bestimmungsmethode auf maafsanalytischem Wege« (diese Annalen, Bd. 92, S. 59) besprochen wird. In diesem Aufsatze von Mohr ist auch eines Punktes erwähnt, dessen Bearbeitung ich mir schon lange zur Aufgabe gemacht hatte, nämlich das eigenthümliche Verhalten der Oxyde des Eisens zu den von mir vorgeschlagenen Reagentien und die volumetrische Bestimmung dieser Körper.

Mohr bemerkte diefs Verhalten, als er mit Hülfe meiner Methode eine Braunstein-Bestimmung machen wollte, die ihm nicht gelang, weil der Braunstein, wie es fast immer der Fall ist, Eisenoxyd enthielt.

Setzt man nämlich zu solchem eisenoxydhaltigen Braunstein eine saure Lösung von Zinnchlorür, so wird nicht allein das Mangansuperoxyd zu Oxydul reducirt, sondern auch das Eisenoxyd ($Fe_2O_3 + SnO = 2FeO + SnO_2$), man kann daher auch von der verbrauchten Menge Zinnchlorür keinen Schlufs machen auf die Menge des im Braunstein enthaltenen Mangansuperoxyds.

Ferner bemerkte Mohr, dafs sich eine Eisenchlorür-Lösung auch gegen Jodstärke anders verhält, als das Zinnchlorür: dieses entfärbt die blaue Verbindung, jenes dagegen nicht; man kann deshalb zwar das saure chromsaure Kali als Oxydations-Mittel für Eisenchlorür gebrauchen, wie diefs z. B. von Schabus [1]) und Penny [2]) geschehen ist, kann aber das Reactionsende bei Zusatz von Jodkalium und Stärkelösung nicht an einer auftretenden blauen Färbung erkennen, weil schon der Erste Tropfen der Chromlösung eine Ausscheidung von Jod und Bildung von blauer Jodstärke bedingt.

Da somit einerseits das Eisenoxyd durch Zinnchlorür reducirt, andererseits das Eisenoxydul durch freies Jod nicht oxydirt wird, so ist zwar eine einfache Eisenbestimmung, ähnlich der des Zinn, nicht möglich, wohl aber könnte eine Bestimmung des Eisens in der Weise stattfinden, dafs man diesen Körper in Oxyd verwandelte, durch überschüssiges Zinnchlorür das Oxyd zu Oxydul reducirte und den Ueberschufs des Zinnchlorürs mit Hülfe einer titrirten Chromlösung ermittelte. Ich versuchte es deshalb mehrfach, meine Methode auch auf das Eisen anzuwenden, in der Hoffnung durch eine gesonderte Eisenbestimmung eine Braunstein-Analyse möglich zu machen; allein ich kam zu keinem richtigen Resultate; und obgleich ich alle möglichen Vorsichtsmafsregeln anwandte, so erhielt ich doch stets zu wenig Eisen. Ich mufste daher von dieser Eisenbestimmung abstehen, werde aber die Versuche noch fortsetzen, um wenigstens die Ursache dieser sonderbaren Erscheinung zu erfahren.

Da meine Versuche, auf diesem Wege zum Ziele zu gelangen, fehlschlugen, so blieb mir nur übrig, auf die ältere Duflos'sche Eisenbestimmung zu recurriren.

Diese Methode gründet sich auf folgende Reaction:

$$Fe_2 Cl_3 + 3 KJ = 2 Fe J + 3 K Cl + J.$$

Setzt man daher zu einer Eisenoxydlösung Jodkalium im

1) Wiener Academie-Bericht VI, 1851, S. 396.

2) Journ. f. pract. Chemie Bd. 54, S. 128.

Ueberschufs, so findet eine Ausscheidung von Jod statt und zwar wird auf je zwei Atome Eisen Ein Atom Jod frei. Diefs freie Jod bestimmt Duflos mittelst einer titrirten Lösung von Zinnchlorür, welche so lange zugesetzt wird, bis die braune Jodfarbe gänzlich verschwunden und die Flüssigkeit vollkommen farblos geworden ist. Da aber eine Lösung von Zinnchlorür ihren Gehalt stets ändert, so ist es nöthig, ihren Titre sehr häufig zu ermitteln, was am besten mit einer titrirten Lösung von saurem chromsaurem Kali geschehen kann, in der Art, wie ich es in meiner früheren Arbeit beschrieben habe.

Auch die Erkennung des Reactionsendes nach Duflos ist nicht ganz sicher, da zuletzt die Farbe der Jodlösung sehr hell wird. Man kann daher auch hier gegen das Ende der Reaction, wenn die Jodfarbe noch deutlich zu erkennen ist, eine klare Stärkelösung zufügen, welche dadurch intensiv blau gefärbt wird. Fährt man darauf mit dem tropfenweisen Zusatze der Zinnlösung fort, so tritt ein Punkt ein, wo die Jodstärke plötzlich entfärbt wird.

Will man also die Duflos'sche Methode mit der meinigen combiniren, so verfährt man auf folgende Weise:

Die das Eisen enthaltende Substanz wird in Salzsäure gelöst und für den Fall, dafs sie Oxydul enthält, mit einigen Körnchen chlorsauren Kalis so lange gekocht, bis der Chlor-Geruch vollständig verschwunden ist Darauf verdünnt man die Flüssigkeit mit kaltem Wasser, fügt eine Lösung von Jodkalium im Ueberschufs hinzu und setzt aus einer Bürette eine verdünnte Lösung von Zinnchlorür zu, deren Gehalt man vorher mittelst einer titrirten Lösung von saurem chromsaurem Kali ermittelt hatte. Die durch freies Jod braun gefärbte Eisenlösung wird während des Zusatzes von Zinnchlorür immer heller gefärbt. Ist nur noch wenig freies Jod vorhanden, dann setzt man eine klare Stärkelösung hinzu und verfährt nun mit dem Zusatze von Zinnchlorür vorsichtiger, indem man nach jedem hineinfallenden Tropfen gut umrührt. Sowie die Entfärbung stattgefunden hat, hört man mit dem Zusatze der Zinnlösung auf. Dafs

dieser Punkt auch wirklich das Reactionsende anzeigt, ergiebt sich daraus, dafs ein oder zwei Tropfen einer Chromlösung genügen, um die blaue Farbe der Jodstärke wieder hervorzurufen. Man könnte deshalb den Versuch auch dahin abändern, dafs man ohne Zusatz von Stärke die Zinnlösung bis zur vollständigen Entfärbung hinzufügt und jetzt erst Stärkelösung zusetzt, um mit der titrirten Chromlösung den kleinen Ueberschufs der Zinnlösung zu ermitteln; doch ist das zuerst genannte Verfahren kürzer und deshalb vorzuziehen.

Sonderbar ist es übrigens, dafs bei Gegenwart einer hinlänglichen Menge Jodkalium diese Analyse vortrefflich von Statten geht, während bei Gegenwart einer nur kleinen Menge dieses Körpers das Auftreten der Jodstärke nicht das Reactionsende anzeigt. Die Erklärung möchte wohl die seyn, dafs bei Ueberschufs von Jodkalium die Analyse auf eine einfache Jodbestimmung hinausläuft und dafs eine solche durch die Gegenwart des Eisens nicht gestört wird.

Um die Analyse zu berechnen, könnte man die Chromlösung so normiren, wie es von Mohr vorgeschlagen wurde, nämlich so, dafs in Einem Liter $\frac{1}{30}$ Aequiv. oder 4,957 Gr. $KO.2CrO_3$ enthalten sind. Allein ich zog es bisher vor, mich der Formeln zu bedienen, weil ein Normiren der Lösungen nach einem rationellen Principe hier wenig helfen würde, da die Zinnlösung immer veränderlich ist. Auch glaube ich kaum, dafs dieselbe unveränderlich bliebe, wenn man sie, wie Mohr vorgeschlagen, mit kohlensaurem Gase abschliefsen wollte, welches bei jedem Versuche erneuert werden müfste, weil bei dem jedesmaligen Gebrauche der Zutritt der atmosphärischen Luft wohl nur schwer zu verhüten seyn wird. Es ist deshalb nicht möglich durch einfache Subtraction der abgelesenen Bürettengrade den Procentgehalt einer Substanz zu bestimmen, es wird immer eine Multiplication und eine Subtraction nöthig seyn. Die von mir vorgeschlagenen Formeln sehen complicirt aus, allein sie bestehen zum gröfsten Theile aus constanten Zahlen, die

die sich leicht im Voraus berechnen lassen. Ich werde deshalb auch hier diese Formeln einstweilen beibehalten.

Den Procentgehalt an metallischem Eisen erfährt man aus folgender Formel:

$$x = \frac{100 . 6 Fe c}{A . \ddot{K} \ddot{C}r_2} \frac{CG}{g},$$

worin c den Gehalt der Chromlösung in 1 Cubcent., G die Anzahl der bis zur Entfärbung zugesetzten Cubcent. Zinnlösung, g die Anzahl der zur Probe auf ihren Zinngehalt angewandten Cubcent. Zinnlösung, C die Anzahl der zur Oxydation von g Zinnlösung dienenden Cubcent. Chromlösung und A die angewandte Substanz bedeutet.

Rechnet man sich in der Gleichung die bekannten Factoren aus, so erhält sie folgende Gestalt:

$$x = \frac{113{,}05}{A} \cdot \frac{cCG}{g}.$$

Will man die spätere Rechnung noch mehr vereinfachen, dann kann der Gehalt der Chromlösung so normirt werden, dafs $c = 0{,}01$ Gr. wird, und ferner kann man von der auf Eisen zu untersuchenden Substanz gerade 1,1305 Gr. abwägen, um in der Formel

$$x = \frac{CG}{g}$$

den einfachsten Ausdruck zur Ermittelung des Procentgehalts an metallischem Eisen zu erhalten.

Auf dieselbe Weise lassen sich leicht alle in meiner früheren Arbeit aufgestellten Formeln vereinfachen.

Zur Controle der Probe wurde feiner Claviersaitendraht auf die angegebene Art analysirt:

	I.			II.	
$A =$	0,2	Gr.	Eisendraht	0,2	Gr.
$G =$	10	Cubc.	»	9,85	Cubc.
$g =$	11,6	»	»	11,25	»
$C =$	20,55	»	»	20,0	»
$c =$	0,01	»	»	0,01	»
	Gefunden.				
	0,2002	Gr.	Fe	0,19904	Gr. Fe

Soll die Menge von Eisenoxydul oder von Eisenoxyd in irgend einer Substanz gefunden werden, dann erfährt obige Formel eine Veränderung, weil man anstatt des Aequivalents des Eisens das von Eisenoxydul oder von Eisenoxyd in dieselbe eintragen mufs.

Enthält die zu untersuchende Substanz Eisenoxyd und Eisenoxydul neben einander und dieselbe ist durch Salzsäure aufschliefsbar, so kann mittelst zweier Proben sehr leicht der Gehalt an Beiden gefunden werden. Die eine Probe wird unter Ausschlufs der Luft in Chlorwasserstoffsäure gelöst, mit Jodkalium im Ueberschufs versetzt und wie angegeben behandelt; man berechnet hieraus die als Eisenoxyd vorhandene Menge von Eisen. Eine andere Probe wird in Salzsäure gelöst, durch chlorsaures Kali oxydirt und längere Zeit bis zum Verschwinden des Chlor-Geruchs gekocht, worauf der ganze Eisengehalt ermittelt wird, so dafs man durch Subtraction leicht die Menge des Eisens finden kann, die mit Sauerstoff zu Oxydul verbunden war.

Ich würde vorschlagen, mit Hülfe dieser Eisenprobe die Braunsteinbestimmung möglich zu machen, indem man 2 Proben von dem zu untersuchenden Körper abwägt, die eine derselben mit einer bekannten Menge Zinnchlorür und mit Salzsäure digerirt, bis sich Alles gelöst hat, und nach Zusatz von überschüssigem Jodkalium mit saurem chromsaurem Kali die Sauerstoffmenge bestimmt, welche von dem Eisenoxyd und dem Mangansuperoxyd auf das Zinnchlorür übertragen wurde, die andere aber nur mit Salzsäure bis zur völligen Auflösung kocht und nach Zusatz von viel Jodkalium nur das Eisenoxyd bestimmt, um aus beiden Daten die Menge des Mangansuperoxyds im Braunstein zu ermitteln: allein ich fürchte, dafs diefs zu umständlich für den Techniker werden könnte, um so mehr, da hier sehr leicht die Bunsen'sche Braunsteinprobe oder die von Mohr in dem genannten Aufsatze vorgeschlagene chlorometrische Methode in Anwendung gebracht werden kann.

Ich will bei dieser Gelegenheit bemerken, dafs in meiner

früheren Arbeit (diese Annalen Bd. 92, S. 72) bei der Beschreibung der Mangan-Bestimmung versäumt wurde zu erwähnen, dafs um Manganoxydul durch Behandlung mit einer Chlorkalklösung in Mangansuperoxyd zu verwandeln, diefs nicht in einer alkalischen Flüssigkeit vorgenommen werden darf, sondern in einer schwach essigsauren; unterläfst man diefs, so erhält man stets neben Mangansuperoxyd auch eine Lösung von übermangansaurem Salz und das Resultat wird dadurch ein Falsches.

2. Volumetrische Bestimmung des Antimons.

Wie ich schon früher vermuthete, läfst auch das Antimon eine Bestimmung mit Hülfe von Zinnchlorür und saurem chromsaurem Kali zu.

Verwandelt man nämlich das Antimon in Antimonsäure (in Salzsäure und Weinsäure gelöst) und fügt einen Ueberschufs von Zinnchlorür hinzu, so tritt bei einer Temperatur von 40° C. eine vollständige Reduction derselben zu Antimonoxyd (SbO_3) ein:

$$SbO_5 + 2SnO = SbO_3 + 2SnO_2.$$

Auch schon bei gewöhnlicher Temperatur tritt diese Reduction ein, aber etwas langsamer, als bei 40° C. Mittelst einer titrirten Lösung von saurem chromsaurem Kali läfst sich dann sowohl der Gehalt der Zinnlösung, als auch der Ueberschufs derselben bestimmen.

Man verfährt hierbei auf folgende Weise:

Die antimonhaltige Substanz wird in Salzsäure, wenn nöthig mit Zusatz von Weinsäure gelöst, mit chlorsaurem Kali versetzt und so lange an einen mäfsig warmen Ort gestellt, bis der Chlorgeruch vollständig verschwunden ist. Eine allzustarke Erhöhung der Temperatur, um etwa die Chlorverflüchtigung zu beschleunigen, würde jedenfalls auch eine Verflüchtigung von Chlorantimon nach sich ziehen. Man setzt darauf, wenn die Temperatur der Flüssigkeit noch etwas mehr als 40° C. beträgt, eine gemessene Menge von titrirter Zinnlösung zu und läfst die Flüssigkeit, nachdem man sie gut durch einander gerührt hat, fünf Minuten

lang stehen. Nach Zusatz von 3 Tropfen Jodkalium und Stärkekleister ermittelt man den Ueberschufs des Zinnchlorürs mit der Chromlösung.

Früher bediente ich mich zum Abmessen der Zinnlösung einer Bürette, jetzt habe ich dafür ein einfaches Instrument gewählt. Eine vor der Glasbläserlampe aus einer ziemlich dünnen, aber dickwandigen Glasröhre geblasene Kugelpipette, welche ungefähr 8 bis 12 Cubcent. Inhalt hat, erhält oberhalb der Kugeln mit der Feile einen Theilstrich. Diese Pipette, deren genauer Inhalt nicht bekannt zu seyn braucht, dient zum Abmessen der Zinnlösung, indem man sie genau bis zum Theilstriche füllt und in die zu reducirende Flüssigkeit mit den bei einer Pipette nöthigen Vorsichtmafsregeln entleert. Reicht diese Menge Zinnchlorür zur völligen Reduction nicht aus, so füllt man sie, ohne sie vorher mit Wasser zu reinigen, zum zweiten und dritten Male bis zum Theilstriche an. Um den Gehalt der Zinnlösung zu bestimmen, füllt man die Pipette abermals bis zum Theilstriche und erfährt mit Hülfe der Chromlösung, wieviel Zinnchlorür in einer Pipette enthalten ist.

Den Procentgehalt an Antimonoxyd in irgend einer Substanz erfährt man durch die Formel:

$$x = \frac{100 . 3SbO_3}{2 . A . KO . 2CrO_3} c(CG - K),$$

worin A und c die oben unter I. angeführte Bedeutung haben, G aber angiebt wieviel Mal man die Pipette mit Zinnchlorür gefüllt hat, C die Menge der zu einer Pipette voll Zinnlösung verbrauchten Cubcent. der Chromlösung und K die dem Ueberschusse der Zinnlösung entsprechende Menge der Chromlösung.

Berechnet man in der Formel die constanten Werthe, so erhält sie die nachstehende Gestalt:

$$x = \frac{154{,}47 . c}{A}(CG - K).$$

Macht man auch hier c: 0,01 und $A = 1{,}5447$, so ergiebt der Ausdruck

$$x = CG - K$$

re Art den Procentgehalt an Antimonoxyd.

Zur Prüfung der Probe wurden folgende Versuche angestellt:

Gewöhnlicher Brechweinstein wurde pulverisirt, einen Tag lang bei 100° getrocknet und auf seinen Gehalt an Antimonoxyd untersucht:

I.			II.	
$A =$	0,5 Gr.	Brechweinstein	$A =$	1 Gr.
$G =$	1 »	»	$G =$	3 »
$C =$	23,13 »	»	$C =$	17,16 »
$K =$	8,5 »	»	$K =$	22,5 »
$c =$	0,01 »	»	$c =$	0,01 »

	Berechnet.	Gefunden. I.	Gefunden. II.
Procentgehalt: an SbO_3.	46,06	45,2.	44,72.

Zur Berechnung des metallischen Antimons oder der Antimonsäure mufs natürlich die Formel verändert und die betreffenden Atomgewichte eingetragen werden.

Sehr leicht läfst sich diese Methode bei einer Gewichtsanalyse anwenden, wenn man das Schwefel-Antimon aus der Lösung in Schwefel-Ammonium durch eine Säure ausgefällt und abfiltrirt hat. Man bringt dann den Niederschlag mit dem Filter in ein Becherglas, versetzt entweder mit Salzsäure und chlorsaurem Kali und digerirt bei gelinder Wärme, bis sich Alles Antimon gelöst hat und alles freie Chlor verschwunden ist: oder mit Kali-Hydrat und Wasser und leitet bei 50° C. so lange Chlor hindurch, bis Alles gelöst erscheint. Nach Zusatz von viel Weinsäure und Uebersättigen mit Salzsäure erwärmt man gelinde, bis der Chlor-Geruch verschwunden ist, worauf man die Lösung mit Zinnchlorür und saurem chromsaurem Kali behandelt.

Auf diese Weise wurde von mir rein auf maafsanalytischem Wege eine Analyse von Hartblei von der Lautenthaler Hütte in der Art ausgeführt, dafs ich die Legirung mit Salpetersäure längere Zeit digerirte und nach der vollständigen Oxydation des Bleis und des Antimons mit Am-

moniak und Schwefelammonium übersättigte und längere Zeit erwärmte. Der Niederschlag von Schwefelblei wurde darauf abfiltrirt, gut ausgewaschen, noch feucht in ein Becherglas gebracht, mit Kali übergossen und durch Einleiten eines Chlorgas-Stromes in die auf 40 bis 50° C. erwärmte Flüssigkeit das Schwefelblei in Bleisuperoxyd (PbO_2) verwandelt. Diefs wurde nach der von mir angegebenen Methode (diese Annalen, Bd. 92, S. 68) mit Zinnchlorür und saurem chromsaurem Kali bestimmt. Aus der vom Schwefelblei abfiltrirten Flüssigkeit wurde mit Salzsäure das Schwefelantimon abgeschieden und nach längerem Stehen bei mäfsiger Wärme filtrirt, ohne auszuwaschen mit dem Filter in ein Becherglas gebracht und auf die oben angegebene Art bestimmt.

Ich erhielt folgendes Resultat:

Pb	= 83,65
Sb	= 15,11
Cu, Fe, Zn	= 0,43 (besonders bestimmt)
	99,19.

Bei einer besonderen Antimon-Bestimmung erhielt ich 16,01 Proc.

Bestimmung des Antimons neben Arsenik.

Nachdem es erwiesen war, dafs sich das Antimon mit Leichtigkeit durch Zinnchlorür und saures chromsaures Kali ermitteln läfst, lag der Gedanke nahe, dafs sich Arsenik ähnlich verhalten würde. Mehrfache Versuche jedoch, die in dieser Beziehung angestellt wurden, lehrten, dafs die zwei letzten Atome Sauerstoff in der Arsensäure fester gebunden sind als in der Antimonsäure, und dafs nur durch anhaltendes Kochen von Arsensäure mit einer concentrirten Lösung von Zinnchlorür eine Reduction dieser Säure theils zu arseniger Säure, theils zu metallischem Arsen bewirkt werden kann.

Es wurden hierbei folgende Versuche angestellt:

1) 0,4 Gr. arsenige Säure wurden in Salzsäure und Wasser gelöst und durch chlorsaures Kali zu Arsensäure oxydirt, das freie Chlor bei mäfsiger Temperatur verdampft und bei 40 bis 50° C. eine Pipette voll verdünnter Zinnchlorür-Lösung zugesetzt. Nach Verlauf von einigen Minuten und nach Zusatz von Jodkalium und Stärke wurde eine titrirte Chromlösung bis zur Bildung von Jodstärke hinzugefügt, und zwar erforderte diefs 16 Cubc. $KO.2CrO_3$. Darauf wurde dieselbe Pipette wieder mit Zinnlösung gefüllt und diese auf ihren Gehalt geprüft, wozu 15,8 Cubc. der Chromlösung nöthig waren. Es geht hieraus hervor, dafs das Zinnchlorür unter den angegebenen Verhältnissen gar nicht reducirend auf die Arsensäure eingewirkt hatte.

2) 0,4 Gr. arsenige Säure auf dieselbe Art in Arsensäure verwandelt und mit einer concentrirten Lösung von Zinnchlorür, erhalten durch Auflösen von 1 Gr. gewöhnlichen Stanniols in Salzsäure, längere Zeit bei 80° digerirt, wurde mit der Chromlösung bis zum Blauwerden versetzt, wozu 79,47 Cubikcent. nöthig waren, während 1 Gr. desselben Stanniols 81,5 Cubikcent. der Chromlösung erforderte. Es war hier eine gewisse Quantität Zinnchlorür von der Arsensäure oxydirt worden, allein nur so viel, als $81{,}5 - 79{,}47 = 2{,}03$ Cubikcent. der Chromlösung, deren Gehalt $= 0{,}01$ Gr. in 1 Cubikcent. war, entsprechen, also eine nur sehr kleine Menge.

3) 1 Gr. arsenige Säure wurde nach der Umwandlung in Arsensäure längere Zeit mit Zinnlösung gekocht; es fand dabei eine Reduction, zuweilen unter Ausscheidung von metallischem Arsenik, statt, aus welcher sich jedoch nur 20 bis 28 Proc. arsenige Säure berechnen liefsen.

Aus diesen Versuchen ergiebt sich, dafs die Arsensäure in verdünnten Lösungen bei einer Temperatur von 40 bis 50° C. durch Zinnchlorür nicht reducirt wird, dafs also, wenn Arsen und Antimon in einer Flüssigkeit neben einander vorkommen, das Antimon mit Zinnchlorür und saurem chromsauren Kali bestimmt werden kann, ohne dafs die Gegenwart des Arsens störend wirkte, vorausgesetzt,

dafs man mit verdünnten Lösungen bei der angegebenen Temperatur arbeitet.

In der That haben es die nachstehenden Versuche bewiesen, dafs sich Antimon neben Arsen sehr gut bestimmen läfst.

Es wurden zu diesem Zwecke Brechweinstein und arsenige Säure mit chlorsaurem Kali oxydirt, nach Entfernung des Chlors mit ausgekochtem, 50° C. heifsem Wasser verdünnt, mit einer gemessenen Quantität einer titrirten Zinnlösung versetzt, 5 bis 10 Minuten lang unter Luftabschlufs stehen gelassen und durch Bestimmung des Ueberschusses der Zinnlösung die Antimonmenge ermittelt:

I.	II.
$A = 0{,}3$ Gr. bei 100° getrockneter Brechweinstein + 0,2 – 0,3 Gr. AsO_3	$A = 0{,}3$ Gr. bei 100° getrockneter Brechweinstein + 0,2 – 0,3 AsO_3
$G = 1$	$G = 1$
$K = 4{,}37$	$K = 2{,}1$
$C = 13{,}17$	$C = 10{,}9$
$c = 0{,}01$	$c = 0{,}01$

	Berechnet.	Gefunden. I.	Gefunden. II.
Procent-Gehalt des Brechweinsteins an SbO_3	46,06	45,31	45,31

Dafs bei allen diesen Proben der Antimongehalt durchgängig etwas zu niedrig gefunden wurde, hat entweder darin seinen Grund, dafs der Brechweinstein nicht vollkommen rein war, oder darin, dafs sich, während das freie Chlor verdunstete, doch etwas Chlorantimon verflüchtigte. Trotzdem ist aber die Genauigkeit des Resultats derart, dafs es der sehr umständlichen und meist nur indirecten Gewichtsanalyse an die Seite gestellt werden kann.

Mohr hat in der schon mehrfach genannten Arbeit eine Arsen-Bestimmung angegeben, welche darin besteht, dafs man arsenige Säure, in kohlensaurem Natron gelöst und mit Stärkelösung versetzt, mittelst einer titrirten Jodlösung in Arsensäure verwandelt und das Reactionsende an dem

Auftreten von Jodstärke erkennt. Diese Analyse geht vortrefflich von statten und ich hoffte, dieselbe benutzen zu können, um in Combination mit meiner Antimon-Bestimmung ein Gemenge von Arsen und Antimon analysiren zu können, weil ich glaubte, dafs das Antimonoxyd in einer alkalischen Flüssigkeit die Jodstärke nicht entfärben, also auch nicht störend auf eine Arsenbestimmung einwirken würde. Allein das Antimonoxyd, welches in einem Ueberschusse von kohlensaurem Natron theilweise löslich ist, verhält sich in dieser Lösung gerade wie arsenige Säure; d. h. fügt man Stärkekleister und tropfenweise eine Jodlösung hinzu, so tritt die blaue Jodstärke nicht eher auf, als bis Alles in Lösung befindliche Antimonoxyd zu Antimonsäure oxydirt ist. Wäre es daher möglich, alles Antimonoxyd in einem grofsen Ueberschusse von kohlensaurem Natron aufzulösen, so würde man in einem Gemenge von Arsen und Antimon nach der Mohr'schen Methode beide Körper gemeinschaftlich, nach der meinigen aber das Antimon allein bestimmen und aus beiden Analysen das Arsen berechnen können.

Bei dieser Gelegenheit kann ich es nicht unterlassen, einiges über die Mohr'sche Quetschhahnbürette [1]) mitzutheilen. Es ist diefs ein vortreffliches Instrument, welches allen Anforderungen entspricht, die man an eine Bürette stellen kann.

Vor Allem besitzt dieselbe zwei grofse Vorzüge vor der Gay-Lussac'schen Bürette: Erstens kann man mittelst derselben eine voraus bestimmte Menge Flüssigkeit ausfliefsen lassen, ohne befürchten zu müssen, den bestimmten Punkt zu überschreiten, und zweitens läfst sie sich sehr leicht selbst darstellen. Diese Eigenschaft kam mir um so mehr zu statten, als ich an der hiesigen Bergschule einen Cursus über Maafsanalysen einrichtete und zu diesem Zwecke eine grofse Anzahl von Büretten nöthig hatte. Ich versuchte es daher mit Hülfe der von Bunsen angegebenen Theilmaschine die Mohr'sche Bürette selbst dar-

1) Annal. der Chem. u. Pharm. Bd. 86, S. 129.

zustellen und mit Quecksilber zu calibriren und erhielt ein vortreffliches Instrument. Jetzt werden im hiesigen Laboratorium die Quetschhahnbüretten von meinen Schülern zu Dutzenden angefertigt und erweisen sich durchgängig als sehr brauchbar.

3. Ueber die bei den Kupferhütten des Oberharzes von B. Kerl[1]) eingeführte Kupferprobe.

Im 92. Band der Ann. der Chem. und Pharm. (S. 97) steht ein Aufsatz von Carl Mohr, in welchem die oben genannte Kupferprobe meines geehrten Collegen Kerl zum Theil verworfen wird, weil die schwierige Trennung des gefällten Kupfers vom Eisen und die grofse Oxydirbarkeit desselben die Genauigkeit der Probe beeinträchtigen müfsten. Ich glaube das letztere um so mehr bestreiten zu müssen, als nicht allein vielfache im hiesigen metallurgischen Laboratorium von Kerl angestellte Versuche die Genauigkeit der Probe constatirt haben, sondern auch von mehreren Seiten die Richtigkeit der hier erhaltenen Resultate bestätigt wurde[2]) und ich glaube, dafs Kerl der Probirkunst einen wesentlichen Dienst geleistet hat, indem er diese Kupferprobe vorschlug und einführte. Dieselbe ist eine Modification der älteren schwedischen Kupferprobe und unterscheidet sich von letzterer dadurch, dafs es möglich ist, in 4 Stunden 12 bis 24 Proben zu gleicher Zeit auszuführen. Diese Probe ist unbedingt anwendbar, wenn neben Kupfer noch Eisen, Mangan, Nickel, Kobalt, Blei und Silber vorhanden sind; sie ist aber auch anwendbar bei Gegenwart von Antimon, Arsen, Wismuth und Zinn, wenn die Operationen derart verändert werden, wie diefs neuerdings von Kerl in der Berg- und Hüttenmänn. Zeitung 1855 No. 5 ausführlich beschrieben worden ist.

Clausthal den 17. Februar 1855.

1) Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1854. No. 5.

2) Alois von Huber in der Oester. Zeitschr. für Berg- u. Hüttenwesen 1854 No. 29.

III. *Ueber die Zusammensetzung einiger Salze; von C. Rammelsberg.*

Im Verlaufe der Bearbeitung eines *Handbuches der krystallographischen Chemie* war es nöthig, bei vielen Verbindungen der Bestimmung der Krystallform eine Analyse folgen zu lassen, um jeden Zweifel zu entfernen, der sich über die Identität der Form und der durch die Formel ausgedrückten Zusammensetzung erheben könnte, und bei älteren Angaben allerdings nicht selten gegründet ist. Da diese chemischen Data in dem erwähnten Werke keinen Platz finden konnten, so dürfte es passend seyn, sie hier zusammenzustellen.

Manganchlorür.

Nach früheren Analysen von Brandes und Graham enthält das krystallisirte Salz 4 At. Wasser.

1,175 verloren beim Schmelzen 0,436 Wasser.

1,925 lieferten 0,734 Oxydoxydul = 0,52928 Mangan.

	Gefunden.	Berechnet.		
Mangan	27,50	1 At.	= 344,68	= 27,84
Chlor		1 »	= 443,30	= 35,81
Wasser	37,11	4 »	= 450,00	= 36,35
			1237,98.	100.

Das Salz ist mithin Mn Cl + 4 aq.

Bemerkenswerth ist seine Isomorphie mit dem wasserhaltigen Kochsalz, Na Cl + 4 aq; während eine solche mit dem krystallisirten Eisenchlorür, welches Schabus gemessen und als Fe Cl + 4 aq bezeichnet hat, nicht vorhanden zu seyn scheint.

Ammonium-Manganchlorür.

Eine Analyse dieses regulär krystallisirten Doppelsalzes ist bisher nicht bekannt geworden.

1,732 gaben 0,505 Oxydoxydul = 0,3643 Mangan, und 3,02 Ammoniumplatinchlorid = 0,24386 Ammonium.

	Gefunden.	Berechnet.		
Mangan	21,03	1 At.	= 344,68	= 21,97
Ammonium	14 08	1 »	= 225,00	= 14,34
Chlor		2 »	= 886,60	= 56,52
Wasser		1 »	= 112,50	= 7,17
			1568,78.	100.

Es ist demnach (AmCl + MnCl) + aq.

Ein ganz anderes Doppelsalz ist das von Hautz beschriebene [1]), welches zwei- und eingliedrig krystallisiren soll, und der Formel (AmCl + 2MnCl) + aq entspricht.

Kalium-Magnesiumchlorid.

Ein derartiges Doppelsalz wird bekanntlich aus Mutterlaugen von Meerwasser und gewissen Salzsoolen gewonnen. Liebig's Analyse zufolge ist es = (KCl + 2MgCl) + 12aq.

Das krystallographisch untersuchte war aus den beiden einfachen Salzen dargestellt worden, und hatte dieselbe Zusammensetzung.

1,598 verloren beim Erhitzen 0,613 Wasser.

2,086 gaben 0,796 pyrophosphorsaure Talkerde = 0,17146 Magnesium, und 0,651 schwefelsaures Kali = 0,2921127 Kalium.

	Gefunden.	Berechnet.		
Kalium	14,00	1 At.	= 489,3	= 14,10
Magnesium	8,22	2 »	= 300,0	= 8,65
Chlor		3 »	= 1329,9	= 38,33
Wasser	38,36	12 »	= 1350,0	= 38,92
			3469,2.	100.

Kalium-Zinkchlorid.

Das zweigliedrige Doppelsalz war auf directem Wege erhalten worden.

2,096 gaben 1,06 Chlorkalium = 0,55615 Kalium, und 0,611 Zinkoxyd = 0,49038 Zink.

1) Ann. d. Chemie und Pharmacie, Bd. 66, S. 285.

	Gefunden.	Berechnet.		
Kalium	26,53	1 At.	= 489,3	= 27,25
Zink	23,49	1 »	= 406,6	= 22,81
Chlor		2 »	= 886,6	= 49,74
			1782,5.	100.

Es ist also = KCl + ZnCl.

Schindler hat die Existenz eines zerfliefslichen (KCl + ZnCl) + aq angegeben.

Ammonium-Zinkchlorid.

Diefs mit dem vorigen isomorphe Salz hat eine analoge Zusammensetzung.

1,44 gaben 1,279 Platin = 0,220646 Ammonium und 0,475 Zinkoxyd = 0,38123 Zink. Oder

	Gefunden.	Berechnet.		
Ammonium	15,32	1 At.	= 225,0	= 14,82
Zink	26,47	1 »	= 406,6	= 26,78
Chlor		2 »	= 886,6	= 58,40
			1518,2.	100.

Auch hier hat Schindler ein krystallisirtes (AmCl + ZnCl) + aq beschrieben, welches auch Hautz in grofsen glänzenden Blättern erhielt, während Derselbe gleichzeitig ein angeblich zwei- und eingliedriges Salz = (AmCl + 2ZnCl) + 4aq erhielt.

Kalium-Kupferchlorid.

Diefs schöne viergliedrige Doppelsalz ergab folgende Zusammensetzung:

	Gefunden.	Berechnet.		
Kalium	24,15	1 At.	= 489,3	= 24,51
Kupfer	20,60	1 »	= 395,6	= 19,81
Chlor	44,23	2 »	= 886,6	= 44,41
Wasser		2 »	= 225,0	= 11,27
			1996,5.	100.

Die Formel (KCl + CuCl) + 2aq ist hiernach in Uebereinstimmung mit den Angaben von Mitscherlich und Jacquelain.

Ammonium-Kupferchlorid.

Isomorph mit dem vorhergehenden.

	Gefunden.	Berechnet.			
Ammonium		1 At.	= 225,0	=	12,99
Kupfer	23,27	1 »	= 395,6	=	22,84
Chlor	51,10	2 »	= 886,6	=	51,18
Wasser		2 »	= 225,0	=	12,99
			1732,2		100.

Also = (Am Cl + Cu Cl) + 2 aq, übereinstimmend mit Graham und Mitscherlich.

Hautz erwähnt eines zwei- und eingliedrigen (Am Cl + 2 Cu Cl) + 4 aq.

Kalium-Zinnchlorür.

Aus der gemeinschaftlichen Auflösung beider Salze zweigliedrig krystallisirend. Löst sich in Wasser unter theilweiser Zersetzung auf, und verliert beim Erhitzen, wobei es schmilzt, Wasser und Chlorwasserstoffsäure.

	Gefunden.		Berechnet.			
	a.	*b.*				
Kalium	23,07	22,79	1 At.	= 489,3	=	22,00
Zinn	33,32	33,58	1 »	= 735,3	=	33,07
Chlor			2 »	= 886,6	=	39,87
Wasser			1 »	= 112,5	=	5,06
				2223,7		100.

Ist also (K Cl + Sn Cl) + aq.

Poggiale giebt an, (2 K Cl + Sn Cl) + 3 aq erhalten zu haben.

Ammonium-Zinnchlorür.

Mit dem vorigen isomorph, und von gleichem Verhalten.

	Gefunden.	Berechnet.			
Ammonium	10,24	1 At.	= 225,0	=	11,49
Zinn	35,93	1 »	= 735,3	=	37,52
Chlor	44,39	2 »	= 886,6	=	45,25
Wasser		1 »	= 112,5	=	5,74
			1959,4		100.

Diefs Doppelsalz ist schon von Berzelius beschrieben und von Apjohn analysirt worden; nur gehören die regulären Octaëder, in denen es angeblich krystallisirt, dem entsprechenden Zinnchloridsalze an, was sich mit der Zeit in der Lösung bildet, und dessen Krystalle gleichzeitig mit anschiefsen.

Auch hier soll es nach Poggiale noch eine Verbindung = $(2 AmCl + SnCl) + 3aq$ geben.

Kalium-Zinnchlorid.

Ein in Formen des regulären Systems krystallisirendes wasserfreies Doppelsalz.

1,988 gaben 0,74 Zinnsäure = 0,58176 Zinn, und 0,715 Chlorkalium = 0,37514 Kalium. Oder

	Gefunden.		Berechnet.	
Kalium	18,92	1 At.	= 489,3	= 19,15
Zinn	29,26	1 »	= 735,3	= 28,78
Chlor		3 »	= 1329,9	= 52,07
			2554,5	100.

Formel = $KCl + SnCl^2$, übereinstimmend mit den Angaben von Bolley und Lewy. Das von Jacquelain analysirte Salz ist gleichfalls identisch mit jenem, und seine Angabe, dafs es in Rhomboëdern krystallisire, wohl ein Irrthum.

Ammonium-Zinnchlorid.

Das Pinksalz der Färber ist isomorph mit dem vorigen. Ich habe es nicht analysirt, was Bolley und Lewy gethan haben, wonach es = $AmCl + SnCl^2$ ist.

Schwefligsaures Natron.

Ich führe hier die Analyse der gemessenen zwei- und eingliedrigen Krystalle des einfach sauren Salzes an.

2,113 gaben 1,274 schwefelsaures Natron = 0,55826 Natron.

1,172, mit Salpeter und kohlensaurem Natron geschmolzen, lieferten 1,23 schwefelsauren Baryt = 0,3382 schwefliger Säure.

	Gefunden.	Berechnet.				
Natron	26,42	1 At.	=	389,7	=	26,60
Schweflige Säure	28,85	1 »	=	400,7	=	27,34
Wasser		6 »	=	675,0	=	46,06
				1465,4		100.

Zwei frühere Analysen [1]) hatten 7 At. Wasser gegeben.

Schwefligsaures Talkerde-Ammoniak.

Aus der gemeinschaftlichen Auflösung der beiden einfachen Salze in eingliedrigen Krystallen anschiefsend.

3,126 = 1,405 pyrophosphorsaure Talkerde = 0,504395 Talkerde.

3,253 gaben 3,975 schwefelsauren Baryt = 1,09275 schweflige Säure.

	Gefunden.	Berechnet.				
Schweflige Säure	33,60	4 At.	=	1602,8	=	34,09
Talkerde	16,14	3 »	=	750,0	=	15,94
Ammoniumoxyd		1 »	=	325,0	=	6,91
Wasser		18 »	=	2025,0	=	43,06
				4702,8		100.

Formel: $(\dot{A}m\ddot{S} + 3\dot{M}g\ddot{S}) + 18$ aq.

Unterschwefligsaure Talkerde.

Die Analyse des krystallographisch untersuchten Salzes gab 16,5 Proc. Talkerde, was mit meiner früheren [2]) und der Formel $\dot{M}g\ddot{S} + 6$ aq übereinstimmt.

Unterschwefligsaures Talkerde-Kali.

Bei Versuchen, dieses Doppelsalz in mefsbaren Krystallen zu erhalten, was indessen nicht gelang, wurde die frühere Analyse wiederholt, und 22,03 Proc. Kali und 9,55 Proc. Talkerde gefunden, was die Formel $(\dot{K}\ddot{S} + \dot{M}g\ddot{S})$ $+ 6$ aq bestätigt.

Das

1) Diese Ann. Bd. 67, S. 246.
2) Diese Ann. Bd. 56, S. 303.
3) A. a. O. S. 304.

Das *Ammoniaksalz* ist seitdem von Kefsler dargestellt und untersucht worden [1]). Ich fand darin 11,45 Talkerde, der Formel $(\dot{A}m\ddot{S} + \dot{M}g\ddot{S}) + 6aq$ entsprechend.

Schwefelsaure Thonerde.

Die als Efflorescenz natürlich vorkommende schwefelsaure Thonerde, deren Form nicht bestimmbar ist, enthält 18 At. Wasser [2]).

Ob das künstlich dargestellte Salz, wie angegeben wird, in regulären Octaëdern krystallisirt, ist zweifelhaft, da eine Verwechselung mit Alaun möglich wäre.

Wird die Auflösung des im Grofsen bereiteten Salzes der Winterkälte ausgesetzt, so schiefsen die krystallographisch beschriebenen rhomboëdrischen Krystalle an, welche nach Bischof [3]) 27 At. Wasser enthalten. Allein dieselben verlieren schnell $\frac{1}{3}$ ihres Wassergehalts, und sind mithin Pseudomorphosen, wie auch ihr Ansehen lehrt, indem sie rauhe Flächen zeigen und aus einem Aggregat feinfaseriger Individuen bestehen.

Ich habe den Thonerde- und geringen Kaligehalt in diesen Krystallen bestimmt, welche von Bischof in Schwemsal dargestellt worden waren.

	Rhomboëder.	Dreikantner.
Thonerde	16,07	16,10
Kali	0,62	0,52

Das Salz $\ddot{A}l\ddot{S}^3 + 18aq$ enthält 36,03 Schwefelsäure, 15,4 Thonerde und 48,57 Wasser.

Schwefelsaures Kadmiumoxyd.

Auf die Autorität Stromeyer's nimmt man in dem krystallisirten Salze 4 At. Wasser an, in sofern Derselbe angiebt [4]), dafs 100 Th. wasserfreies Salz 34,2653 Th.

1) Diese Ann. Bd. 74, S. 283.
2) Diese Ann. Bd. 43, S. 130.
3) Karsten's Archiv Bd. 17, S. 385 u. 812.
4) Schweigg. Journ. Bd. 22, S. 369

Krystallwasser aufnehmen, wonach 100 Th. des krystallisirten 25,51 Proc. Wasser enthalten.

Alle Proben dieses Salzes, welche ich bisher zu sehen Gelegenheit hatte, besitzen dieselbe zwei- und eingliedrige Form, enthalten aber nur 3 At. Wasser.

a) 3,373 Grm. verloren beim Erhitzen 0,642.

b) 4,038 verloren 0,778 Wasser.

Demnach enthält das Salz:

	a.	*b.*	Berechnet.		
Schwefels. Kadmiumoxyd			1 At.	1297,5 =	79,36
Wasser	19,03	19,27	3 »	337,5 =	20,64
				1635,0.	100.

Oder

Schwefelsäure	1 At. =	500,7 =	30,62
Kadmiumoxyd	1 » =	796,8 =	48,74
Wasser	3 » =	337,5 =	20,64
		1635,0.	100.

Unter allen krystallisirten schwefelsauren Salzen enthält nur noch das Didymsalz nach Marignac 3 At. Wasser (wenn man von der späteren unwahrscheinlichen Correction $3\dot{D}i\dddot{S} + 8aq$ absieht). In der That scheint das Kadmiumsalz mit diesem isomorph zu seyn, da dasselbe, im gleichen System krystallisirend, ein Axenverhältnifs zeigt, in welchem *a* und *c* annähernd den dreifachen Werth von denen des Kadmiumsalzes hat, und die Winkel der schiefen Axen = 61° 52′ und 62° 2′ sind.

Wolframsaures Natron.

Bei Gelegenheit des zweigliedrig krystallisirten einfach wolframsauren Natrons, dessen Formel der Angabe von Anthon entlehnt wurde, erwähne ich einer Analyse des *sauren* Salzes, welches aus der Auflösung von jenem durch Chlorwasserstoffsäure als krystallinisches Pulver abgeschieden wird.

0,285 verloren beim Glühen 0,019.

0,75 gaben 0,602 Wolframsäure und 0,192 schwefelsaures Natron = 0,0841 Natron, oder

	Gefunden.	Berechnet.	
Wolframsäure	82,08 [1])	2 At. = 2901,6 =	82,52
Natron	11,22	1 » = 389,7 =	11,08
Wasser	6,70	2 » = 225,0 =	6,40
	100.	3516,3.	100.

Das Salz ist mithin $= \dot{N}a\dddot{W}^2 + 2aq$, während ein lösliches rhomboëdrisches Hydrat nach Anthon 4 At. Wasser enthält.

Zinnsaures Natron.

Dieses Salz wird jetzt unter dem Namen Präparirsalz für Kattundrucker häufig im Grofsen durch Schmelzen von Zinn mit Natronsalpeter und Soda dargestellt. Das Präparat enthält, da es durch Eindampfen der Lauge bis zur Trockne dargestellt wird, hauptsächlich noch kohlensaures Natron. Läfst man seine Auflösung krystallisiren, so schiefst das zinnsaure Natron in sehr kleinen unbestimmbaren Krystallen an, welche sich in Wasser vollständig auflösen.

a) 2,06 Grm. gaben, mit Schwefelwasserstoff behandelt, Schwefelzinn = 1,154 Zinnsäure; ferner 0,887 Chlornatrium = 0,473 Natron. 1,748 verloren beim Glühen 0,355.

b) 1,050 verloren 0,217 und gaben 0,582 Zinnsäure und 0,458 Chlornatrium = 0,244 Natron.

	a.	*b.*	Berechnet.	
Zinnsäure	56,01	55,43	1 At. = 935,3 =	56,26
Natron	22,96	23,23	1 » = 389,7 =	23,44
Wasser	20,31	20,66	3 » = 337,5 =	20,30
	99,28.	99,32.	1662,5.	100.

Das Salz ist also $\dot{N}a\ddot{S}n + 3aq$, in Uebereinstimmung mit Moberg's Versuchen.

Saures chromsaures Ammoniak.

Die Natur der Salze, welche die Chromsäure mit dem Ammoniak bildet, ist wenig bekannt. Darby [2]) unter-

1) A. d. Verlust; direct = 80,27 Proc.

2) Ann. der Chem. und Pharm. Bd. 65, S. 104.

suchte ein durch theilweises Sättigen der Säure entstandenes Salz, fand aber, dafs es kein gewöhnliches Ammoniumoxydsalz, sondern $NH^3 + 2\dddot{Cr}$ war.

Pohl erhielt, bei Ueberschufs von Ammoniak, hellgelbe Krystalle, deren Auflösung beim Kochen Ammoniak entwickelt, und worin 60,5 Proc. Chromsäure enthalten waren. Er glaubt, sie seyen $= \dot{Am}^5 \dddot{Cr}^4$, obwohl es auch seyn könnte, dafs sie als $\dot{Am}\dddot{Cr} + aq$ zu betrachten wären (= 59,2 Chromsäure, 30,3 Ammoniumoxyd, 10,5 Wasser). Sie liefsen sich nicht nach Willkür erzeugen.

Als eine schwefelsäurefreie Auflösung von Chromsäure, mit Ammoniak etwa zur Hälfte neutralisirt, unter dem Exsiccator verdunstete, schied sich ein braungelbes stark efflorescirendes Salz ab, dessen Form nicht bestimmbar war. Es zersetzte sich beim Erhitzen unter einer Feuererscheinung. Da zwei Analysen verschiedener Proben gleiche Resultate gaben, so scheint es kein Gemenge zu seyn.

0,982 Grm. gaben 2,252 chromsaures Bleioxyd = 0,7046 Chromsäure [1]).

1,943 = 4,466 chroms. Bleioxyd = 1,397366 Chromsäure.

1,043, mit Natronlauge destillirt, lieferten Platinsalmiak = 0,234 Platin = 0,061736 Ammoniumoxyd.

0,994 in gleicher Art 0,221 Platin = 0,0583 Ammoniumoxyd.

Nimmt man das Fehlende für Wasser, so hat man

	a.	*b.*	Mittel.	Sauerstoff.
Chromsäure	71,76	71,92	71,84	33,93
Ammoniumoxyd	5,92	5,87	5,90	1,82
Wasser			22,26	19,79
			100.	

Die Säure enthält 18mal den Sauerstoff der Basis, das Wasser 10mal. Die Formel würde daher

$$\dot{Am}\dddot{Cr}^6 + 10aq = (\dot{Am}\dddot{Cr} + 5aq) + 5\dot{H}\dddot{Cr}.$$

1) $Cr = 335{,}1$, Moberg.

Sie verlangt

6 At.	Chromsäure	3810,6 = 72,44
1 »	Ammoniumoxyd	325,0 = 6,18
11 »	Wasser	1125,0 = 21,38
		5260,6. 100.

Die ungewöhnliche Zusammensetzung fordert zu wiederholten Versuchen auf.

Chromsaures Kalkerde-Kali.

Die Messungen wurden an ziemlich grofsen durchsichtigen bräunlichgelben Krystallen angestellt, welche bei der Analyse folgendes Resultat gaben:

1,483 Grm. lieferten 2,495 chromsaures Bleioxyd = 0,7752 Chromsäure; 0,397 kohlensauren Kalk = 0,2226 Kalk, und 0,562 Chlorkalium = 0,355 Kali.

	Gefunden.	Berechnet.	
Chromsäure	52,28	2 At. =	1270,2 = 52,16
Kalkerde	15,01	1 » =	351,6 = 14,44
Kali	23,94	1 » =	588,3 = 24,16
Wasser		2 » =	225,0 = 9,24
			2435,1. 100.

Es ist demnach $(\dot{K}\dddot{Cr} + \dot{Ca}\dddot{Cr}) + 2\,aq$.

Dieses Doppelsalz ist von Schweitzer entdeckt und analysirt, und später von Duncan irrigerweise als neu beschrieben worden [1]).

Die mitgetheilte Berechnung [2]) seiner Krystalle bedarf einiger Berichtigungen.

Es ist für das eingliedrige System des Salzes $a:b:c = 1,3025:1:1,1568$, und es sind die Durchschnittswinkel der Axenebenen, so wie die Winkel der Axen, welche der Octaïdfläche $a:b:c$ entsprechen:

$$A = 84^\circ\ 40' \qquad \alpha = 85^\circ\ 19'$$
$$B = 94\ \ 45 \qquad \beta = 94\ \ 0$$
$$C = 81\ \ 14 \qquad \gamma = 81\ \ 37$$

1) Journ. f. pract. Chem. Bd. 39, S. 261 und Bd. 50, S. 54.

2) Hdbch. der kryst. Chemie S. 268.

Den aufgeführten Flächen ist die vordere schiefe Endfläche $r\frac{5}{2} = a : \frac{5}{2}c : \infty b$ hinzuzufügen.

Die Werthe der wichtigsten Winkel, von denen die mit einem Sterne bezeichneten für die Rechnung dienten, sind:

	Berechnet.			Beobachtet.	
$a : b =$				*81°	14'
$a : p =$	121°	38'			
$a : p' =$				*132	56
$b : p =$	139	36			
$b' : p' =$	145	50		145	47
$p : p' =$	74	49	(an a)		
$p : c =$	91	16			
$p' : c =$	96	40			
$b' : c =$				*95	20
$q : c =$	127	31		127	44
$q' : c =$	133	40			
$q : b =$	137	9			
$q' : b' =$	141	40			
$q : q' =$	81	11	(an a)		
$q : a =$	93	43			
$q' : a =$	99	20			
$a : c =$				*94	45
$a : r =$	134	27		134	27
$a' : r' =$	129	11		129	3
$c : r =$				*140	18
$c : r' =$	136	4		136	11
$r : r' =$	96	22	(an c)	96	18
$a : r\frac{5}{2} =$	146	45			
$c : r\frac{5}{2} =$	118	0			
$r : r\frac{5}{2} =$	156	45		157	
$b' : r =$	99	27			
$b : r' =$	91	57			
$b' : r\frac{5}{2} =$	99	53			

Essigsaures Bleioxyd-Natron.

Aus der gemeinschaftlichen Auflösung beider Salze kry-

stallisirt dieses Doppelsalz in interessanten zwei- und eingliedrigen Combinationen.

4,6 Grm. gaben 3,22 schwefelsaures Bleioxyd = 2,3693 Bleioxyd, und 0,748 schwefelsaures Natron = 0,32737 Natron.

	Gefunden.	Berechnet.			
Essigsäure		3 At.	= 1912,5	=	35,23
Bleioxyd	51,50	2 »	= 2789,0	=	51,38
Natron	7,12	1 »	= 389,7	=	7,18
Wasser		3 »	= 337,5	=	6,21
			5128,7.		100.

Es ist demnach $(\dot{Na}\,\ddot{\bar{A}}c + 2\dot{Pb}\,\ddot{\bar{A}}c) + 3aq.$

Essigsaures Kupferoxyd-Kali.

Ein intensiv blaues, in schönen viergliedrigen Krystallen anschiefsendes Doppelsalz, gleichfalls auf directem Wege erhalten.

2,64 Grm. = 0,269 Kupferoxyd und 1,136 schwefelsaures Kali = 0,61414 Kali

1,055 = 0,107 Kupferoxyd und 0,393 Chlorkalium = 0,248337 Kali.

	Gefunden.		Berechnet.			
Essigsäure			3 At.	= 1912,5	=	38,74
Kupferoxyd	10,18	10,14	1 »	= 495,6	=	10,03
Kali	23,26	23,54	2 »	= 1178,6	=	23,87
Wasser			12 »	= 1350,0	=	27,36
				4936,7.		100.

Es folgt mithin die Formel

$$(2\dot{K}\,\ddot{\bar{A}}c + \dot{Cu}\,\ddot{\bar{A}}c) + 12aq.$$

Zweifach brenzweinsteinsaures Kali.

Die Brenzweinsteinsäure war durch Erhitzen von Weinsteinsäure, theils für sich, theils im Gemisch mit Bimssteinpulver, erhalten, und bildete nach dem Umkrystallisiren farblose eingliedrige Krystalle.

Eine abgewogene Menge wurde mit kohlensaurem Kali neutralisirt, und der Lösung eine gleiche Menge Säure hinzugefügt. Das saure Salz ist leicht löslich, und schiefst

aus der sehr concentrirten Auflösung in zwei- und eingliedrigen Krystallen an.

1,478 Grm. hinterliefsen nach dem Glühen und Wegbrennen der Kohle 0,592 kohlensaures Kali = 0,403637 Kali.

	Gefunden.	Berechnet.		
Brenzweinsteinsäure		2 At.	= 1425,0	= 67,03
Kali	27,31	1 »	= 588,3	= 27,67
Wasser		1 »	= 112,5	= 5,30
			2125,8.	100.

Das Salz ist $= \dot{K} . 2 C^5 H^3 O^3 + aq$.

Arppe giebt dieselbe Formel für das Salz [1]; auch Weniselos hat es schon früher mit gleichem Resultat analysirt.

Zweifach brenzweinsteinsaures Ammoniak.

Es wurde auf gleiche Art dargestellt. Seine Krystalle sind zwar gleichfalls zwei- und eingliedrig, jedoch von denen des Kalisalzes ganz verschieden.

1,372 Grm. = 2,006 Platinsalmiak = 0,23397 Ammoniumoxyd.

	Gefunden.	Berechnet.		
Brenzweinsteinsäure		4 At.	= 2850,0	= 74,27
Ammoniumoxyd	17,06	2 »	= 650,0	= 16,94
Wasser		3 »	= 337,5	= 8,79
			3837,5.	100.

Es enthält anderthalb Mal so viel Wasser als das Kalisalz, $= (2 \dot{A}m . 2 C^5 H^3 O^3) + 3 aq$.

Arppe führt ein im Wassergehalt mit dem Kalisalze übereinstimmendes an.

Brenzweinsteinsaure Talkerde.

Durch Sättigen der Säure mit kohlensaurer Talkerde erhält man leicht lösliche zweigliedrige Krystalle.

1,764 Grm. derselben lieferten 0,764 pyrophosphorsaure Talkerde = 0,27427 Talkerde.

1) Ann. d. Chem. und Pharm. Bd. 66, S. 79,

	Gefunden.	Berechnet.
Brenzweinsteinsäure		1 At. = 712,5 = 43,51
Talkerde	15,55	1 » = 250,0 = 15,27
Wasser		6 » = 675,0 = 41,22
		1637,5. 100.

$Mg . C^5 H^3 O^3 + 6 aq.$

Bernsteinsaures Natron.

1. Einfach.

Neutralisirt man die Säure mit kohlensaurem Natron, so erhält man zwei- und eingliedrige Krystalle, scheinbare rhomboïdische Prismen.

2,752 verloren bei 120° 1,1 oder den ganzen Wassergehalt, denn bis 180° blieb ihr Gewicht constant. Nach dem Glühen fanden sich 1,074 kohlensaures Natron = 0,62968 Natron.

	Gefunden.	Berechnet.
Bernsteinsäure		1 At. = 625,0 = 36,99
Natron	22,88	1 » = 389,7 = 23,06
Wasser	40,00	6 » = 675,0 = 39,95
		1689,7. 100.

Es ist also $Na . C^4 H^2 O^3 + 6 aq$, übereinstimmend mit Döpping's und Fehling's Analysen.

2. Zweifach.

Als eine Auflösung des vorigen, mit einer gleichen Menge Säure versetzt, verdunstete, so bildeten sich nach einander zweierlei verschiedene Krystalle.

Zuerst schossen durchsichtige eingliedrige Zwillingskrystalle an, *welche bis 200° am Gewicht nichts verlieren.*

1,157 lieferten 0,435 kohlensaures Natron = 0,25538 Natron.

	Gefunden.	Berechnet.
Bernsteinsäure		2 At. = 1250,0 = 71,34
Natron	22,08	1 » = 389,7 = 22,24
Wasser		1 » = 112,5 = 6,42
		1752,2. 100.

Das Salz ist $\dot{Na}\bar{S}^2 + aq$ [1]) oder $\dot{Na}\bar{S} + \dot{H}\bar{S}$, und verliert das basische Wasseratom nicht ohne Zersetzung.

Dieses Salz ist in krystallisirter Form weder von Döpping noch von Fehling erhalten worden, hat aber gleiche Zusammensetzung mit dem bei 100° getrockneten folgenden Hydrat.

Dieses letztere krystallisirt später in schönen grofsen zwei- und eingliedrigen Combinationen.

1,959 verloren bei 100° 0,553; bei 150° war der Rückstand schon halb geschmolzen, erlitt aber bis 190° keinen weiteren Gewichtsverlust. Beim Glühen blieben 0,526 kohlensaures Natron = 0,3088 Natron.

	Gefunden.	Berechnet.		
Bernsteinsäure		2 At. =	1250,0 =	51,50
Natron	15,76	1 » =	389,7 =	16,06
Wasser		7 » =	787,5 =	32,44
			2427,2.	100.

Das Salz ist $\dot{Na}\bar{S}^2 + 7aq = (\dot{Na}\bar{S} + \dot{H}\bar{S}) + 6aq$; und der Gewichtsverlust bei 100° = 28,23 Proc. macht $\frac{6}{7}$ des Wassergehalts oder 6 At. aus.

Diese Resultate sind mit denen, welche die oben Genannten erhalten haben, ganz im Einklang.

Das von Fehling einmal in undeutlichen Krystallen beobachtete Hydrat $\dot{Na}\bar{S}^2 + 5aq$ habe ich nicht erhalten.

Die im Vorstehenden mitgetheilten Analysen sind theils von mir selbst, theils unter meiner Leitung im Laboratorio ausgeführt worden.

1) $\bar{S} = C^4H^2O^3$.

IV. *Ueber ein Mittel, auf chemischem Wege einen luftleeren Raum zu erzeugen; von C. Brunner.*

(Aus den Berner Mittheilungen von Hrn. Verf. übersandt.)

Zur Erzeugung eines luftleeren Raumes wurden bisher drei verschiedene Methoden in Anwendung gebracht:

1) die Luftpumpe;
2) die torricellische Leere;
3) der Wasserdampf;

Die verschiedenen Einrichtungen der hierauf bezüglichen Instrumente sind zu bekannt, als dafs es hier einer näheren Erläuterung bedarf.

Die Anwendung des zuletzt genannten Mittels mufste wohl schon öfter auf den Gedanken geführt haben, statt des durch Abkühlung zu condensirenden Dampfes Gase anzuwenden, welche durch hineingebrachte Substanzen chemisch absorbirt einen leeren Raum erzeugen würden. Ich finde jedoch nicht, dafs bereits Vorrichtungen dieser Art beschrieben worden wären.

Andrews [1]) bedient sich eines solchen Mittels, um den wie man weifs niemals vollkommen darzustellenden luftleeren Raum der Luftpumpe zu vervollständigen, indem er nach dem Evacuiren der Glocke dieselbe mit kohlensaurem Gase füllte, dann noch einmal evacuirte und nun den geringen Rückhalt von Kohlensäure durch Kali absorbiren liefs.

Fontaine [2]) reichte im März vorigen Jahres dem Pariser Institut eine Methode ein, um mittelst Kohlensäure einen luftleeren Raum zu erzeugen, die jedoch, wie es scheint, zur Zeit noch nicht bekannt gemacht wurde.

Durch diese letztere Angabe wurde ich veranlafst, eine schon vor mehreren Jahren unternommene Reihe von Versuchen, die auf diesem Princip beruhen, wieder aufzunehmen und glaube zu einem Resultate gelangt zu seyn, das

1) Pogg. Annal. LXXXVIII, 309.
2) *Compt. rend. Mars* 1853.

ich mir hiemit bekannt zu machen erlaube, nicht wissend. welche Uebereinstimmung zwischen der Methode Fontaine's und der meinigen bestehen mag.

Das Princip, auf welchem die Methode beruht, ist bereits im Vorigen ausgesprochen. Es ergiebt sich im Allgemeinen bald, dafs für praktische Anordnungen nur von zwei Gasen die Rede seyn kann, nämlich Kohlensäure und Ammoniak, indem saure Gasarten, wie schweflige Säure, Hydrochlorsäure u. dgl. sowohl auf die Apparate selbst, als auf die in dem erzeugten leeren Raum zu behandelnden Substanzen in fast allen Fällen hindernde Wirkungen ausüben würden.

Die Anwendungsart des kohlensauren Gases, die jedenfalls wohl zunächst in Betracht kommt, beruht auf dem Umstande, dafs dieses Gas von trocknem Aetzkalk nicht merklich absorbirt wird, dagegen sehr rasch und in grofser Menge von Kalkhydrat.

Füllt man daher einen Raum, in welchem sich trockner Aetzkalk befindet, mit trockenem kohlensauren Gas in der Art, das die vorher in demselben befindliche atmosphärische Luft möglichst vollständig durch jenes ausgetrieben wird, und läfst hierauf, ohne dafs atmosphärische Luft eindringen kann, eine schickliche Menge Wasser zu dem Kalk treten, so wird dieser sogleich die Kohlensäure aufnehmen und, wie die Erfahrung gelehrt hat, einen ziemlich vollständig luftleeren Raum erzeugen.

Um sich zunächst von dem Gesagten durch das Experiment zu überzeugen, kann man sich folgenden Apparates bedienen:

Das etwas starke cylindrische Glas von ungefähr 450 C. Centimeter Inhalt, *A*. Fig. 4 Taf. VII (z. B. ein gewöhnliches Bierglas) dessen Rand sorgfältig abgeschliffen ist, versehe man mit einer metallenen ebenfalls genau geschliffenen Scheibe, die mit Fett [1]) bestrichen, wie der Teller

1) Die beste Fettmischung ist ein Gemenge aus gleichen Theilen gewöhnlichem Brennöl, gelbem Wachs und Terpentin bei gelinder Wärme geschmolzen und während des Erstarrens unter einander gerührt.

der Luftpumpe mit seiner Glocke, mit dem Glase zusammengepafst wird. Die eine, möglichst nahe am inneren Rande des Glases befindliche Oeffnung des Deckels *a* hat einen nach oben gerichteten kurzen Ansatz, in welchen ein metallener etwas konisch gedrehter eingeschliffener Stöpsel luftdicht eingepafst werden kann. Dieser ist durchbohrt und enthält eine Glasröhre von ungefähr 2 Mllm. innerem Durchmesser, deren oben schief herausragendes Ende zu einer etwas starken Kugel ausgeblasen ist, wie es Fig. 5 zeigt. Das untere offene Ende der Röhre ist so gebogen, dafs es beim Einsetzen des Stöpsels in das im Glase stehende kleine Schälchen hinabreicht.

Das Schälchen *b* Fig. 4 steht auf drei kleinen Füfschen, die daran festgelöthet sind, auf dem Boden des Glases und kann mittelst des angelötheten Messingdrahtes *c* bequem eingesetzt und herausgenommen werden. Auf der der Oeffnung des Deckels *a* entsprechenden Seite ist der Boden des Schälchens mit einer Einbiegung des Randes versehen, neben welcher die das kohlensaure Gas hereinführende Röhre bis nahe an den Boden des Glases heruntergeführt werden kann. Fig. 6 zeigt den Grundrifs des Schälchens.

Der Deckel Fig. 4 trägt aufser diesem noch eine zweischenkliche bei *d* luftdicht eingekittete Glasröhre, deren äufserlicher herabsteigender Schenkel 30 Zoll lang ist und eine Barometerscale trägt.

Die Operation ist nun folgende: Auf den Boden des Cylinderglases giefst man ungefähr 40 bis 50 Grammen englischer Schwefelsäure, auf denjenigen des Schälchens legt man 2 oder 3 Blätter Fliefspapier und breitet darauf 4 Grammen gut gebrannten und trocken verwahrten Aetzkalkes aus, setzt nun das Schälchen so ein, dafs die bleiernen Füfse in der Schwefelsäure stehen, diese jedoch den Boden des Schälchens nicht berührt, und führt eine gewöhnliche Glasröhre aus einem Kohlensäureentwicklungsapparat durch die Oeffnung *a* und die Einbiegung des Schälchens so ein, dafs dieselbe bis nahe an die Oberfläche der Schwe-

felsäure hinabreicht und bei *a* mittelst eines Korkes die Oeffnung schliefst. Man läfst nun so lange einen lebhaften Strom kohlensauren Gases hineingehen, bis die atmosphärische Luft vollständig entfernt ist. Um dieses zu bestimmen, werden einige vorläufige Versuche gemacht. Die Erfahrung hat gelehrt, dafs 50 bis 60 Grammen gewöhnlicher Salzsäure auf Bruchstücke von carrarischem Marmor einwirkend, für den Apparat von oben angegebener Dimension hinreichen. Hat man einmal die erforderliche Menge von Salzsäure für seinen Apparat bestimmt, so giebt diese jederzeit das Maafs, welches man anzuwenden hat. So wie die erforderliche Menge von Gas durchgegangen ist, wird die Oeffnung der Barometerröhre, durch welche die atmosphärische Luft des Apparates mittlerweile ausgetreten war, bis an das Nullzeichen der Barometerscale in ein Glas mit Quecksilber gesteckt, die Röhre, durch welche das kohlensaure Gas einströmte, herausgenommen, die mit Wasser oder besser mit Aetzkalilauge gefüllte Röhre Fig. 5 luftdicht eingesetzt und hierauf durch Erhitzung der Kugel mit einer Weingeistlampe die Flüssigkeit in den Kalk entleert.

Nachdem die im ersten Augenblick entstehende Erhizzung des Kalkes, welche oft das Austreten einer geringen Menge Gases durch das Quecksilber veranlafst, vorüber ist, steigt dieses schnell in die Höhe.

Ist der Apparat (bei den angegebenen Dimensionen) in guter Ordnung, so ist gewöhnlich in 5 bis 6 Minuten eine Verdünnung bis auf 12 Mllm. Barometerstand erreicht, d. h. so viel als die Absorption der Kohlensäure überhaupt gewähren kann. Die noch übrige Tension rührt vom Wasserdampfe her, welcher nun allmählich von der Schwefelsäure aufgenommen wird, aber, wie bei der Luftpumpe, einer längeren Zeit bedarf. Man wird jedoch finden, dafs in zwei Stunden auch dieser verschwunden und die Quecksilbersäule sehr annähernd dem Barometerstande gleich ist.

Man sollte aus theoretischen Gründen vermuthen, dafs eine nur unvollkommen annähernde Verdünnung durch die-

ses Verfahren erzielt werden könnte, denn wie soll man denken, dafs das kohlensaure Gas die atmosphärische Luft *gänzlich* auszutreiben im Stande sey? Man wird jedoch durch die Thatsache belehrt werden. Es ist mir oft gelungen die Verdünnung so weit zu bringen, dafs kaum 1 Mllm. Unterschied zwischen dem Barometerstande und demjenigen unserer Probe gefunden werden konnte, eine Verdünnung, wie sie durch wenige Luftpumpen erlangt wird.

Es bedarf kaum der Erinnnerung, dafs bei dieser Bestimmung der Nullpunkt der Barometerscale genau einzustellen und der Depression des Quecksilbers in der Röhre die gehörige Rechnung zu tragen sey.

Obgleich der nunmehr beschriebene, zunächst zur Demonstration bestimmte Apparat schon zu einigen Zwecken angewendet werden könnte, und es z. B. leicht wäre, in Schälchen oder Gläsern Gegenstände, die man der Wirkung des luftleeren Raumes aussetzen will, vermittelst an dem Deckel angebrachter Haken aufzuhängen, so kann derselbe jedoch eine viel bequemere Einrichtung erhalten, wenn ein mehr weiter als hoher Glascylinder gewählt wird. Auch kann alsdann füglich das Barometer weggelassen und statt eines solchen eine gewöhnliche abgekürzte Barometerprobe, wie bei Luftpumpen, die nur die letzten 2 Zoll der Verdünnung angiebt, mit in das Gefäfs eingeschlossen werden.

Beim Einführen des kohlensauren Gases wird alsdann der Kork in *a* weggelassen und die Röhre so eingesetzt, dafs die atmosphärische Luft neben ihr heraustreten kann. Fig. 7 zeigt einen solchen Apparat. Auf drei kleinen Bleifüfsen, die in der Schwefelsäure stehen, ist eine runde Blechscheibe aufgelöthet, welche als Tisch dient um beliebige Gegenstände nebst dem abgekürzten Barometer darauf zu stellen. Ueber diesen steht ebenfalls auf drei Füfsen das Schälchen, welches den Kalk enthält.

Man kann endlich dem Apparat die gewohnte Form der Luftpumpenglocke geben.

a. Fig. 8 eine Schale mit Schwefelsäure;

b. ein Tischchen von Messingblech, auf welches die Gegenstände nebst der Barometerprobe gestellt werden;

c. ein Schälchen, welches den Kalk enthält.

Die Röhre, welche das kohlensaure Gas hineinführt, wird zuerst an der Stelle der Kugelröhre *d* ohne Kork so eingesetzt, dafs neben derselben die atmosphärische Luft heraustreten kann und da die Röhre durch die in der Mitte durchbohrten Schalen *c* und *b* bis auf die Oberfläche der Schwefelsäure reicht, die Glocke wie jener erstere Apparat möglichst von unten her mit Kohlensäure gefüllt wird. Als Unterlage kann ein gewöhnlicher Luftpumpenteller oder eine Glasplatte (Spiegelplatte) dienen.

Man wird leicht zugeben, dafs dieser Apparat jedenfalls in solcher Form vor der Luftpumpe den Vorzug der Beweglichkeit hat, da er leicht an jeden beliebigen Ort hingebracht werden kann.

Man dürfte vielleicht bei der Anwendung auf einen Umstand stofsen, der einiges Bedenken erregen könnte, und den ich deshalb erwähnen mufs. Die erste Einwirkung des Wassers (oder der Kaliflüssigkeit) auf den Kalk ist nämlich eine bedeutende Erhitzung und in Folge dieser Bildung von Wasserdämpfen, die sich im Innern der Glocke niederschlagen und als Flüssigkeit an deren Wand herunterfliefsen. Man wird gewifs hierin ein Hindernifs zu manchen Anwendungen, z. B. zum Austrocknen von Substanzen, wahrnehmen. Allein man versuche es gleichwohl und man wird finden, dafs diese Wasserdämpfe sehr bald verschwinden und die Glocke nebst Inhalt vollkommen trocken wird.

Man könnte ferner der Meinung seyn, dafs die gewohnte Anwendung von ätzendem Kali derjenigen des Kalkes vorzuziehen sey. Viele Versuche haben entschieden das Gegentheil gelehrt. Aetzendes Kali in concentrirter oder in verdünnter Auflösung angewandt, selbst auf grofser Fläche von Papier aufgesogen, Kalistückchen mit Wasser befeuchtet absorbiren äufserst träge und ist ihre Wirkung

kung mit derjenigen des Kalks nicht zu vergleichen; das Fliefspapier als Unterlage des Kalkes ist nicht ganz unwesentlich. Es hat den Zweck, die Flüssigkeit, welche sonst nur auf eine Stelle wirkt, durch Weitersaugen der ganzen Lage mitzutheilen. Dafs man zum Anfeuchten des Kalkes Kaliflüssigkeit anwende, ist nicht sehr wesentlich. Blofses Wasser thut die Wirkung auch. Da man jedoch überhaupt Wasser anwenden mufs, so mag man immerhin noch die Wirkung des Kalis mit benutzen.

Endlich ist noch zu bemerken, dafs zur Entwicklung der Kohlensäure ein möglichst dichter kohlensaurer Kalk, am besten Marmor, genommen werde. Kreide oder Kalktuff würde eine kleine Einmengung von atmosphärischer Luft liefern. Das kohlensaure Gas leite man durch eine kleine Zwischenflasche, die englische Schwefelsäure enthält, die man von Zeit zu Zeit erneuert. In dieser bleibt das Wasser und die etwa mit übergerissene Salzsäure zurück. Das als Nebenproduct erhaltene Chlorcalcium kann in jedem Laboratorium benutzt werden und bezahlt die Kosten der Salzsäure.

Endlich ist anzurathen, die Gasentwicklungsflasche und das Zwischengläschen mit Schwefelsäure nicht gröfser als erforderlich zu wählen, um nicht überflüssiger Weise zu viel atmosphärische Luft austreiben zu müssen. Man übergiefse den kohlensauren Kalk mit einigen Unzen Wasser, füge die Salzsäure durch eine in das Wasser eintauchende Trichterröhre in Antheilen so hinzu, dafs die Flüssigkeit eben nicht übersteigt.

Ich bin weit entfernt, durch die hier beschriebene Methode die Anwendung der Luftpumpe als überflüssig zu erklären. Zu vielen Zwecken, besonders wo nicht eine sehr grofse Luftverdünnung nöthig ist, vielleicht auch da, wo solche sehr rasch erfolgen soll, oder bei schnell nach einander zu wiederholenden Experimenten, wird diese immer ihre Anwendung behalten, in manchen andern jedoch durch den beschriebenen Apparat ersetzt werden können.

Ich habe oben bemerkt, dafs auch Ammoniakgas auf diese Art angewandt werden könne. Als Absorptionsmittel würde alsdann, sowohl für das Ammoniak als für den Wasserdampf englische Schwefelsäure anzuwenden seyn. Es müfste in solchem Falle das getrocknete Gas oben in das leere Gefäfs geleitet und durch eine zweite bis auf den Boden desselben reichende Röhre der atmosphärischen Luft Abzug verschafft werden. Die Schwefelsäure würde man nachher auf dieselbe Art wie bei Anwendung der Kohlensäure die Kaliflüssigkeit hineinbringen. Das Kalkschälchen fiele alsdann, wie natürlich, weg.

Einige in dieser Art angestellte Versuche gaben ganz befriedigende Resultate. Die Absorption erfolgt ungefähr eben so rasch als bei der Kohlensäure. Dieses Verfahren dürfte vielleicht bei mehr ins Grofse gehenden Anwendungen passend seyn. Jedenfalls müfsten alsdann die kupfernen Theile des Apparates durch eiserne ersetzt werden. Auch müfste, um eine möglichst kräftige Wirkung zu erhalten, dafür gesorgt werden, dafs das Ammoniakgas kein kohlensaures Ammoniak enthalte.

V. *Beobachtungen über eine neue Entstehungsweise des Tons, und Versuch einer Theorie derselben; von J. J. Oppel.*

(Schlufs von S. 398.)

§. 21. Unsere ganze bisherige Untersuchung des Einflusses, welchen die Entfernungen des Hörenden oder Schiefsenden von dem Gitter auf die Tonhöhe üben, und der *Gesetze*, nach welchen Letztere mit jenen Entfernungen wächst oder abnimmt, beschränkte sich (was wir nicht vergessen dürfen) auf den *Anfang* des Tones. Versucht man nun aber, diese specielleren Gesetze auch auf das *Ende*,

oder überhaupt auf die *entsprechenden* Stellen des Tones (im oben angenommenen Sinne dieses Ausdrucks) auszudehnen, so gelingt diefs nicht in so einfacher Weise.

Behält man die oben gewählten Bezeichnungen bei, so ist für den $n$ten und $(n+1)$ten Gitterstab die Länge der entsprechenden Tonwelle, wie gezeigt worden, zusammengesetzt aus den beiden Gliedern:

$$x+y=[\sqrt{a^2+(n+1)^2}-\sqrt{a^2+n^2}]$$
$$+[\sqrt{b^2+(n+1)^2}-\sqrt{b^2+n^2}].$$

Dafs jedes der beiden Glieder dieses Ausdrucks für sich betrachtet <1 sey, ist gleichfalls bereits gezeigt, so dafs man auch hier, wenn man $\sqrt{a^2+n^2}$ der Kürze wegen mit m bezeichnet,

$$\sqrt{a^2+(n+1)^2}=m+\frac{1}{\alpha}$$

setzen könnte, wo $\alpha>1$ ist. Allein die Entwicklung in einem Kettenbruch (vgl. §. 15) ist hier nicht thunlich, weil sich dessen Quotienten *von dem jedesmaligen Werthe von n* abhängig zeigen, und demnach für jeden einzelnen Stab des Gitters andere werden würden.

Spaltet man zum Zwecke einer algebraischen Verfolgung der Sache, (weil nämlich a und b Beide veränderlich und *von einander unabhängig* sind) die obige Gleichung in zwei, nämlich

$$x=\sqrt{a^2+(n+1)^2}-\sqrt{a^2+n^2} \text{ und}$$
$$y=\sqrt{b^2+(n+1)^2}-\sqrt{b^2+n^2},$$

so würde, wegen der Congruenz ihrer Form, die Betrachtung der *einen* von beiden genügen. Fassen wir z. B. die zweite ins Auge, und bezeichnen, wie gebräuchlich, die als veränderlich gedachte Gröfse b, deren Einflufs auf y untersucht werden soll, mit x, (was nun freilich nicht mit der obigen ersten Bedeutung von x zu verwechseln ist), so liefert diese zweite Gleichung,

$$y=\sqrt{x^2+(n+1)^2}-\sqrt{x^2+n^2},$$

von ihren Wurzelzeichen befreit und geordnet, das Ergebnifs:

$$y^4-2y^2.[2x^2+n^2+(n+1)^2]+(2n+1)^2=0.$$

eine Gleichung, die zwar in Bezug auf y^2 nur vom zweiten Grade, aber doch zu verwickelt ist, um sich als ein einfaches Abhängigkeitsgesetz überschaulich darzustellen, namentlich wenn man bedenkt, dafs die fragliche Wellenlänge die Summe *zweier* solchen, dem Buchstaben y entsprechenden Functionen zweier von einander *verschiedenen und unabhängigen* Werthe von x bildet. Wir müssen uns also vorest mit dem bereits gefundenen Ergebnisse begnügen, (welches auch die Differentiation dieser *letzteren* Gleichung bestätigt), dafs y bei wachsendem x stets abnimmt [1]).

Betrachtet man diese Gleichung als die einer ebenen Curve zwischen rechtwinkligen Coordinaten, und sucht deren Durchschnittspunkte mit den beiden Axen, so findet sich für $y = 0$ das Resultat $(2n + 1)^2 = 0$, welches, für *beliebige* Werthe von n, einen Widerspruch enthält: d. h. die fragliche Curve schneidet ihre Abscissenaxe nirgends, oder, in die physikalische Sprache unseres vorliegenden Falles übersetzt: die Wellenlänge des Reflexionstones wird (zwar mit wachsendem x stets kleiner, aber) *nirgends verschwindend*: der Ton behält stets eine endliche Höhe.

Für $x = 0$ dagegen findet sich, bei gehöriger Berücksichtigung der hier zulässigen Vorzeichen, $y = \pm 1$, d. h. für die Entfernung des Hörenden (oder Schiefsenden) $= 0$ wird der betreffende Theil der Wellenlänge $= 1$, also wenn *Beide* am Anfange des Gitters stehen, die *ganze* Wellenlänge $= 2$, welches sich in Verbindung mit dem bereits erwiesenen Gesetze, dafs y mit wachsendem x ab-

1) Schreibt man nämlich den ersten Differentialquotienten der ursprünglichen Gleichung so:

$$\frac{dy}{dx} = x\left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + (n+1)^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + n^2}}\right),$$

so wird, da hier der Natur der Sache nach die Wurzeln $\sqrt{x^2 + (n+1)^2}$ und $\sqrt{x^2 + n^2}$ als Hypotenusenlängen beide nur in positivem Sinne genommen werden können und demnach der zweite, negative Bruch den kleineren Nenner hat, der in Parenthese stehende Factor wesentlich negativ ausfallen, d. h. obiger Differentialquotient wird stets das *entgegengesetzte* Zeichen von demjenigen haben, welches x hat.

nimmt, als ihr *Maximum* erweist, und sonach mit der bereits in §. 3 gezogenen Folgerung übereinstimmt.

§. 22. Nach diesen vorläufigen (im Obigen nur auszugsweise mitgetheilten) theoretischen Untersuchungen benutzte ich einen freien Vormittag und begab mich am 17. Oct. d. J. (1854), mit Schiefsgewehr, Stimmgabel und portativem Sekundenpendel ausgerüstet, in Begleitung eines Schützen und eines Musikers von Fache, nach dem beschriebenen Platze bei der Brücke der Main-Neckar-Eisenbahn, um, wo möglich, die aufgestellte Theorie durch Versuche zu erproben. Ich erinnerte mich nicht mehr, ob es bei den zu Anfange geschilderten, älteren Beobachtungen Kleingewehrfeuer, oder vielleicht gar Kanonenschüsse gewesen, die das Phänomen veranlafst, und war daher im Zweifel, ob der Knall einer grofsen Pistole stark genug seyn werde, den seiner Natur nach schwachen Reflexionston in deutlich vernehmbarer Weise zu wecken. Es zeigte sich jedoch sofort bei den ersten Vorversuchen, dafs die Schallstärke genügt: der Ton erschien, wie bei der früheren Beobachtung, zwar schwach, aber bei einiger Aufmerksamkeit deutlich zu vernehmen. Indessen wird allerdings die klare Auffassung desselben durch das von den 10 Pfeilern der Brücke, von den benachbarten Gebäuden und, wie ich annehmen mufs, auch von der den Platz nach Norden hin begränzenden Baumreihe hervorgerufene *vielfache Echo des Knalls* selbst, dem Ohre merklich erschwert, so dafs einer meiner Begleiter den Ton erst beim dritten oder vierten Versuche wahrnahm. Glücklicherweise ist derselbe durch das ihm eigene schrillende Gepräge und durch seine enorme Höhe so scharf charakterisirt, dafs er sich, einmal aufgefafst, auch während des Lärms jener vielfachen Echos und der gerade an jenem Morgen sehr belebten, unruhigen Umgebung leicht verfolgen liefs.

Das Detail der bis zur Erschöpfung des mitgenommenen Pulvervorraths fortgesetzten Versuche übergehe ich. Sie waren nicht gerade *sämmtlich* von entscheidendem Erfolge begleitet, doch hatte ich die Freude, die im Obigen

dargelegte Theorie im Allgemeinen *vollkommen bestätigt* zu finden.

Ich sage: im Allgemeinen, in sofern nämlich *kein einziger Versuch vorkam*, dessen Ergebnifs ein der aufgestellten Theorie *widersprechendes* gewesen wäre. Doch zeigten sich in Bezug auf die Nachweisung *aller angegebenen Einzelheiten* erhebliche, zum Theil unerwartete Schwierigkeiten. Vorerst war es nicht möglich, die in §. 15 erwähnte *Standlinie gw* vom Anfange des Gitters aus *genau rechtwinklig* zu ziehen, weil sie sonst durch einige nördliche Ausbiegungen des mit Schilf, Gestrüpp und stagnirenden Pfützen umsäumten Flufsufers durchschnitten ward. Doch erschien die hierdurch gebotene kleine Abweichung vom rechten Winkel nicht von Belang. Ein anderes Hindernifs für genaue Beobachtung bildete, wie schon angedeutet, das mannichfache Geräusch der Umgebung, ein noch gröfseres aber, — namentlich für die Verificirung der einzelnen oben gefundenen *Intervalle* —, ein paar von mir nicht hoch genug angeschlagenen Eigenthümlichkeiten des Tones selbst, nämlich: seine *aufserordentliche Höhe* und das mehrerwähnte *rasche Sinken* gleich von seinem Anfange an. Zwar zeigte sich, bei gröfserer Entfernung des Hörers, wie des Schiefsenden von der Brücke, *jedesmal* eine *Erhöhung* des Tones im Allgemeinen; auch wurden *einzelne* Intervalle, wie z. B. die letzte der in §. 19 erwähnten Quarten, der grofse ganze Ton etc. — nicht blos von mir, sondern auch von meinem mit dem erwarteten Erfolge unbekannten musikalischen Begleiter — übereinstimmend *geschätzt*: im Ganzen aber zeigte es sich äufserst schwierig bei der kurzen Dauer [1]), der aufsergewöhnlichen Höhe und der raschen Veränderlichkeit dieser Töne

1) Diese Dauer zeigte sich nämlich *noch etwas geringer*, als ich sie bei der zu Anfange erwähnten Beobachtung geschätzt hatte. Sie betrug durchschnittlich etwas weniger als eine Sekunde, und war desto geringer, je weiter wir uns von der Brücke entfernten; (was ebenfalls vollkommen mit den oben aufgestellten Sätzen übereinstimmt). *Genaue* Messungen waren freilich auch hier, wegen des ganz allmählichen, ein wahres »Smorzando« bildenden Verklingens dieser Töne, nicht möglich.

ihren Anfang so fest mit dem Ohre aufzufassen, als diefs zu einer genauen *Vergleichung* zweier Tonhöhen nöthig ist.

Dessenungeachtet haben die angestellten Versuche die Ueberzeugung von der Richtigkeit der obigen Erklärungsweise in mir befestigt, wenn auch vorzugsweise nur durch das, so zu sagen, mehr *negative* Resultat, dafs nicht ein einziger derselben dieser Erklärungsweise widersprach.

§. 23. Bei diesen Versuchen machte ich nun noch eine kleine *neue Beobachtung*, auf welche ich nicht vorbereitet war. Ich vernahm nämlich bei einigen der *letzten* Schüsse (nicht bei allen) deutlich einen *zweiten* Ton, gleichzeitig mit dem regelmäfsig beobachteten. Er erschien nicht etwa als eine blofse Unreinheit des letzteren, sondern scharf und deutlich von ihm gesondert, dabei noch *viel höher*, als jener, aber entschieden *schwächer* und namentlich von *kürzerer Dauer*. Er schien nämlich um ein kaum merkliches Zeitintervall später zu beginnen, aber um ein recht wohl merkliches früher zu endigen, als der ursprüngliche Reflexionston, mit welchem er jedoch das während seines Tönens stattfindende Sinken der Tonhöhe (wenn auch nicht in ganz gleichem Grade) gemein hatte.

Genauere Versuche über diesen zweiten Ton konnte ich nicht mehr anstellen, und will daher auch in Betreff seiner Erklärung auf ein entschiedenes Urtheil verzichten. An eine *secundäre* Reflexion, die dem Ohre wahrnehmbar seyn könnte, d. h. an eine abermalige Zurückwerfung der reflectirten Wellen durch die Stäbe des Gitters, dürfte wohl, wegen der Schwäche des ersten Reflexes, nicht zu denken seyn. Ebenso schien mir der Gedanke an das *zweite* (auf dem entgegengesetzten, *östlichen* Rande der Brücke stehende) *Gitter* anfangs nicht zulässig, weil dasselbe, da die Oberfläche der ziemlich breiten Brücke um ein Beträchtliches über dem Niveau des beschriebenen Platzes liegt, von der primitiven Welle nicht leicht direct getroffen werden kann. Ich war daher Anfangs zu der Vermuthung geneigt, dafs wohl gar dieser *zweite, höhere* Ton der von mir theoretisch untersuchte *eigentliche Re-*

flexionston, — und der regelmäfsig beobachtete, tiefere den (Eingangs erwähnten) *je elften, dickeren* Stäben des westlichen Gitters zuzuschreiben seyn möchte. Da nämlich diese je *elften* Stäbe, eben wegen ihrer etwas gröfseren Dicke, auch von einer gröfseren Portion der primitiven Welle getroffen werden, so dachte ich mir die Möglichkeit, dafs die von *ihnen* reflectirten Stöfse durch das Ohr des Hörers als eine neue, *selbstständige* Schwingungsreihe aufgefafst würden, in ähnlicher Weise, wie diefs bekanntlich bei den durch einzelne verstärkte Stöfse hervorgerufenen Tartini'schen oder Combinationstönen geschieht. Bei näherer Erwägung sah ich mich jedoch genöthigt, diese Erklärung gleichfalls als unhaltbar aufzugeben. Denn da der Abstand der erwähnten Stäbe von einander der *elffache* von dem der übrigen (dünneren) ist, so müfste im Allgemeinen, unter übrigens gleichen Umständen, auch die *Wellenlänge* der erzeugten Töne die *elffache* von der oben gefundenen seyn, und ins Besondere müfste diefs von jenem *Maximum* der Wellenlänge gelten, welchem sich der Ton gegen sein Ende nähert. Es würde offenbar dadurch die Tonhöhe dieses Maximums im Verhältnisse von 1 : 11, d. h. von dem *zweigestrichenen C*, welches wir als untere Gränze des Tones gefunden, bis etwa ins *Contra-D* herabgebracht werden; — jener (tiefere) Ton würde sich also voraussichtlich *sehr oft* wenigstens in den Regionen der *kleinen und grofsen Octave* bewegen müssen, was den Beobachtungen vollständig widerspricht. Zwar *schien* es uns in einzelnen Fällen, als ob das tiefste Ende des Tones jene Gränze (des zweigestrichenen *C*) noch um etwas Weniges überschritte: *ganz sicher* aber kam er *niemals* über die obere Hälfte der *eingestrichenen* Octave herab. (Ob jene einzelnen Fälle durch eine Täuschung, oder durch unvollkommene Genauigkeit der zu Grunde gelegten Messungen zu erklären seyen, will ich dahin gestellt seyn lassen.)

Als ebenso unzulässig erwies sich (aus gleichen Gründen) die Annahme, zu der ich gleichfalls einen Augenblick

hinzeigte, dafs die den Platz nach Norden begränzende mehrerwähnte *Baumreihe* durch ihre Stämme gleichsam ein zweites Gitter bilden und dadurch den tieferen der beiden Töne hervorrufen könnte. Die Distanz dieser Bäume zeigte sich nämlich bei einer sofort vorgenommenen Messung noch *viel gröfser*, als die jener dickeren Stäbe, und überdiefs an verschiedenen Stellen ziemlich ungleich.

Es bleibt mir sonach vorerst zur Erklärung jenes neuen, höheren Tones doch kein anderer Weg, als an das *zweite*, die andere Seite der Brücke einfassende Gitter zu denken. Der naheliegende Einwurf, dafs man dann eigentlich *vier* verschiedene Töne hören müfste, weil ja, wie beschrieben, jedes der beiden Trottoirs durch zwei Gitter eingeschlossen ist, würde *vielleicht* dadurch zu beseitigen seyn, dafs der geringe Abstand dieser zwei näheren Gitter von einander (6') gegen die viel gröfsere Entfernung des Beobachters verschwinde, oder wenigstens die beiden so nahe gelegenen Töne nicht unterscheiden lasse, während der vielleicht sechsfach gröfsere Abstand der beiden *mittleren* Gitter diese Unterscheidung wohl ermöglichen könnte. Doch lasse ich auch diefs vorerst dahingestellt.

§. 24. Das in §. 22 erwähnte *rasche Sinken* des vernommenen Haupttones während seiner Dauer, welches, wie bemerkt, die Beurtheilung der Intervalle so sehr erschwert, veranlafste mich, noch einmal auf das *Gesetz* dieses Sinkens zurückzukommen und dasselbe einer etwas näheren Betrachtung zu unterziehen.

Bezeichnet man, wie oben geschehen, die Entfernung des Schiefsenden vom Gitter, gemessen in Distanzen je zweier benachbarten Stäbe, mit a, und die des Hörenden mit b, so wird, wie gleichfalls bereits vorgekommen, die Wellenlänge, welche der Ton bei der vom $n$ten Stabe herrührenden Reflexion annimmt, ausgedrückt durch

$$[\sqrt{a^2+(n+1)^2}-\sqrt{a^2+n^2}]+[\sqrt{b^2+(n+1)^2}-\sqrt{b^2+n^2}].$$

Nennen wir diese Wellenlänge, (die dem reciproken Werthe der jedesmaligen *Tonhöhe* oder *Schwingungsgeschwindigkeit*

proportional ist), als abhängige Variabele y, und betrachten als unabhängige Variable die *Zeit* x, welche vom Beginn des Tones, oder besser (weil wahrscheinlich einfacher) *vom Momente des Schusses an* verflossen ist, bis zu der Stelle, an welcher der Ton jene Wellenlänge y annimmt: so wäre das Gesetz jenes *Sinkens* der Tonhöhe ausgedrückt durch eine *Gleichung zwischen* x *und* y, die wir aufzustellen hätten.

Führen wir auch hier sofort, ein für allemal, noch eine kleine Abkürzung ein, die bereits in §. 15 erwähnt worden, und die darin besteht, dafs wir uns das Zeitintervall x nicht nach irgend einer willkührlichen Einheit (z. B. nach Sekunden), sondern nach *derjenigen* Zeitgröfse als Einheit gemessen denken, *welche der Schall gebraucht, um die zu Grunde gelegte Längeneinheit* (nämlich den Abstand zweier benachbarten Gitterstäbe) *zurückzulegen*, so haben wir auch hier den Vortheil, dafs »Wellenlängen« im *räumlichen* und im *zeitlichen* Sinne durch *dieselben Zahlen* ausgedrückt werden können, (während erforderlichen Falls die Reduction auf Sekunden, oder umgekehrt, bei gegebenen Dimensionen des Gitters keiner Schwierigkeit unterliegt).

Blicken wir nun auf unsere Fig. 7 Taf. IV zurück, so wird, unter der so eben gemachten Voraussetzung, die *Zeit* x offenbar ausgedrückt durch den *Weg des Schalls* $ei+if$, oder es ist

$$\text{I.}\quad x=\sqrt{a^2+n^2}+\sqrt{b^2+n^2}.$$

Da sich der kaum erwähnte Ausdruck für y nun auch *so* schreiben läfst:

$$y=\sqrt{a^2+(n+1)^2}+\sqrt{b^2+(n+1)^2}-(\sqrt{a^2+n^2}+\sqrt{b^2+n^2}),$$

und das eingeklammerte Glied $=x$ ist, so haben wir:

$$\text{II.}\quad y=\sqrt{a^2+(n+1)^2}+\sqrt{b^2+(n+1)^2}-x.$$

Aus diesen beiden Gleichungen (I und II) brauchten wir jetzt nur noch die Gröfse n zu eliminiren, um die ge-

wünschte Gleichung zwischen x und y zu erhalten. Nun ergiebt sich aus I:

$$\text{III.} \quad n = \frac{\sqrt{x^4 - 2.(a^2+b^2)x^2 + (a^2-b^2)^2}}{2x},$$

welchen Werth wir in die Gleichung II. substituiren müfsten. Diese Substitution liefert aber eine Endgleichung zwischen x und y, welche selbst für die Quadrate der zwei veränderlichen Gröfsen den vierten Grad übersteigt und sonach keine reiche Ausbeute an einfachen Folgerungen verspricht, (weshalb ich auch die Entwicklung selbst nicht hersetze).

§. 25. Lassen wir daher diese verwickelte allgemeine Deduction fallen und beschränken unsere Untersuchung zunächst auf den *einfacheren speciellen Fall,* wo $a = b$ wird, d. h. der Hörer *bei dem Schiefsenden* steht (oder selbst der Schütze ist). Unter dieser Voraussetzung verwandeln sich die drei Gleichungen des §. 24 in folgende einfacheren:

$$\text{I.} \quad x = 2\sqrt{a^2 + n^2}$$

$$\text{II.} \quad y = 2\sqrt{a^2 + (n+1)^2} - x$$

$$\text{III.} \quad n = \tfrac{1}{2}\sqrt{x^2 - 4a^2}$$

von welchen sich die mittlere auch so schreiben läfst:

$$(x+y)^2 = 4[a^2 + (n+1)^2].$$

Substituirt man nun in diese den durch die dritte Gleichung gegebenen Werth von n, so ergiebt sich, nach gehöriger Reduction, die *Endgleichung* zwischen x und y:

$$\text{IV.} \quad y^4 + 4xy^3 + 4x^2y^2 - 8y^2 - 16xy - 16x^2 + 16.(4a^2+1) = 0,$$

als der algebraische Ausdruck des Gesetzes, nach welchem die Wellenlänge des Tones während der Zeit x (vom Augenblicke des Schusses an) bis zu der Gröfse y angewachsen ist.

Wollte man die Zeit x *nicht,* wie hier geschehen, von dem Momente des *Schusses* an, sondern von dem Beginn des *Reflexionstones* selbst rechnen, so hätte man, — weil

ja der Ton offenbar erst beginnen kann, nachdem der von e (Fig. 6, Taf. VI) ausgegangene Schall den Weg $eg+ge=2a$ zurückgelegt hat, — nur $x+2a$ an die Stelle von x in obige Gleichung zu setzen, was aber deren Form nicht wesentlich vereinfacht.

Dagegen wird eine kleine Vereinfachung allerdings erzielt, wenn man unter y nicht, wie bisher, die *ganze*, sondern nur die *halbe* Wellenlänge des Tones versteht, und demgemäfs $2y$ statt y in obige Gleichung einsetzt. Wir erhalten dann (für diese *halbe* Wellenlänge):

V. $y^4+2xy^3+x^2y^2-2y^2-2xy-x^2+(4a^2+1)=0,$

als die überschaulichste Form der gesuchten Endgleichung.

Bevor wir indefs darauf weitere Consequenzen bauen, wollen wir diese Gleichung in Bezug auf einige bereits bekannte Werthe von y prüfen. Setzen wir z. B. in derselben $x=0$, so wird

$$y^4-2y^2+4a^2+1=0$$

und daraus

$$y^2-1=\sqrt{-4a^2},$$

demnach y imaginär, d. h. die Wellenlänge des Tones eine *unmögliche Gröfse*, — wie diefs denn in der That auch seyn mufs, da der Ton für $x=0$, also für den Moment des Schusses selbst, *noch nicht existirt*, sondern erst (um $2a$) später beginnt.

Setzen wir ferner $y=0$, so wird

$$x=\sqrt{4a^2+1}=2a+\frac{1}{4a}$$

annäherungweise (vergl. §. 15): — also nur *beinahe* richtig, da hier offenbar $x=2a$ werden müfste, (in welchem Momente nämlich der Ton *eben beginnt*).

Dafs jedoch diefs anscheinend widersprechende (oder wenigstens nicht ganz entsprechende) Resultat nicht etwa auf einem blofsen Irrthume u. s. w. beruht, sondern unsere Endgleichung (V.) in der That ihre Richtigkeit hat, ergiebt sich folgendermafsen. *Setzt* man nämlich in derselben $x=2a$, so verwandelt sie sich in folgende einfache algebraische Gleichung des vierten Grades:

$$y^4 + 4ay^3 + (4a^2 - 2)y^2 - 4ay + 1 = 0,$$

deren vier Wurzeln offenbar paarweise identisch sind. Denn zieht man beiderseits die Quadratwurzel aus, so hat man:

$$y^2 + 2ay - 1 = 0,$$

und daraus

$$y = \sqrt{a^2 + 1} - a.$$

Bedenken wir nun, dafs y in der letzten Gleichung (V.) nur die halbe Wellenlänge vorstellt, so erhalten wir für die ganze:

$$2(\sqrt{a^2 + 1} - a.$$

Es ist das aber genau *derselbe Werth*, den wir bereits oben (§. 6) aus der einfachen Betrachtung der Fig. 4, Taf. VI für die *anfängliche* Wellenlänge des Tones abgeleitet.

Diese Bemerkung, die einerseits unserer aufgestellten Endgleichung zur Controle dient, zeigt uns andererseits auch den Weg zur Lösung des erwähnten anscheinenden Widerspruchs. Es handelt sich nämlich nur darum, was man unter der »*anfänglichen Wellenlänge*« verstehen will. Meint man damit die Wellenlänge, welche der Ton im Momente seines Beginnens (also für $x = 2a$) — *bereits hat*, so ist diese in der That $= 0$: der Ton hat noch *gar keine Wellenlänge*. Meint man dagegen die Wellenlänge, welche ihm in Folge der Reflexion an den *beiden ersten Stäben* des Gitters (dem 0ten und 1sten nach unserer angenommenen Zählung) zukommt, so ist diese nicht $= 0$, sondern in der That $= 2(\sqrt{a^2 + 1} - a)$.

Im ersteren Falle aber müfste man consequenter Weise auch unter der Wellenlänge, die der Ton *beim nten Stabe des Gitters* hat, *nicht* (wie wir bei Entwicklung unserer Gleichung gethan) diejenige verstehen, die ihm erst in Folge der Reflexion *am nten und* $(n+1)$*ten Stabe* zukommt, sondern diejenige, bei welcher die nächst *vorhergegangene* Reflexion (am $n-1$sten Stabe) ebenso viel betheiligt ist, wie die nächst *folgende*, — da nämlich die des *nten Stabes allein* überhaupt keine Wellenlänge bestimmen kann, weil

sie nur einen *einfachen* Schall, ein Echo oder Abbild des ursprünglichen Knalls liefert.

Der oben angedeutete kleine Widerspruch ist somit daraus zu erklären, dafs wir an unsere Gleichung eine Anforderung stellten, die den ihr zu Grunde gelegten Prämissen und ins Besondere dem dabei angenommenen Begriffe der *Wellenlänge, welche dem Tone an einer bestimmten Stelle zukomme,* nicht genau entsprach.

§. 26. Versuchen wir indefs, die fragliche Endgleichung zwischen x und y so umzugestalten, dafs sie auch der zuletzt angedeuteten Auffassung der Wellenlänge entspricht, was vielleicht zu einigen neuen Folgerungen führen und namentlich, falls sich die Gleichung dadurch noch vereinfachen sollte, eine klare Vorstellung von dem Gesetze jenes *Sinkens,* oder — wenn ich so sagen darf — von der eigenthümlichen *Gestalt* des Reflexionstones erleichtern könnte.

Wir wollen demnach jetzt unter der Wellenlänge, welche diesem Tone *bei seiner Reflexion am nten Stabe* des Gitters zukommt, nicht diejenige verstehen, die ihm durch diesen *und den nächst folgenden* Stab ertheilt wird, — weil er ja diese, bei dem $n$ten Stabe angelangt, streng genommen noch nicht *hat.* Ebenso wenig dürfen wir ihm dann aber auch diejenige Wellenlänge zuschreiben, welche ihm durch die Reflexion am nächst *vorhergegangenen* ($n-1$sten) und am $n$ten Stabe ertheilt wird, — weil ja diese, bei dem letzteren, eigentlich schon *vorüber,* weil sie eben im Begriffe ist, in die darauf folgende *gröfsere überzugehen.* Am Einfachsten und zugleich am Richtigsten werden wir daher so verfahren, dafs wir dem Ton in dem Augenblicke, wo er vom $n$ten Stabe reflectirt wird, eine Wellenlänge zuschreiben, die das *arithmetische Mittel* zwischen der zunächst vorhergegangenen und der nächst folgenden ist, — welches arithmetische Mittel ja den beiden sich berührenden ungleichen Schallwellen *gleich nahe,* — und (in Folge des bereits nachgewiesenen fortwährenden Sinkens des Tones) *keiner* anderen in ihm vorkommenden Wellenlänge *näher* kommt, (weil *jede* frühere *noch* kleiner,

jede *spätere* noch *gröfser* ist, als jene beiden nebeneinander liegenden).

Wir haben also nach dieser Auffassungsweise als Wellenlänge des Tones beim $n$ten Gitterstabe die *halbe Summe* der nächst vorhergehenden und nächst folgenden Welle zu betrachten, d. h. die halbe Summe der beiden Zeitintervalle, welche zwischen dem Hörbarwerden des am $n-1$sten, des am $n$ten und des am $n+1$sten Stabe erfolgten Schallreflexes liegen.

Stellt nun in Fig. 10 Taf. VI wiederum e den Standpunkt des Beobachters, g den Anfang des Gitters, h den $n-1$sten, i den $n$ten und k den $n+1$sten Stab desselben vor, so hat der in h reflectirte Schall bis zum Ohre den Weg $2eh$, und der in k reflectirte den Weg $2ek$ zurückzulegen; die Differenz beider Wege beträgt sonach $2(ek-eh)$ oder

$$2\left[\sqrt{a^2+(n+1)^2}-\sqrt{a^2+(n-1)^2}\right].$$

Diese Differenz ist aber nichts Anderes, als die *Summe* der beiden fraglichen benachbarten Wellenlängen, die dem in i erfolgten $n$ten Schallreflexe unmittelbar vorhergehen und folgen. Wir haben sonach für die erwähnte *halbe* Summe, oder für die Wellenlänge y, die wir dem Reflexionston für den Punkt i zuschreiben müssen, die *Hälfte* dieses Werthes, d. i.

$$\text{VI.}\quad y=\sqrt{a^2+(n+1)^2}-\sqrt{a^2+(n-1)^2}.$$

Schreiben wir dafür kürzer $y=\sqrt{v}-\sqrt{w}$, so wird

$$y^2=v+w-2\sqrt{vw},$$

oder

$$y^2-(v+w)=-2\sqrt{vw},$$

folglich

$$[y^2-(v+w)]^2=4vw,$$

oder

$$y^4-2y^2(v+w)+(v+w)^2=4vw,$$

oder endlich

$$\text{VII.}\quad y^4-2y^2(v+w)+(v-w)^2=0.$$

Nun war aber

$$v = a^2 + (n+1)^2 = a^2 + n^2 + 2n + 1,$$

und

$$w = a^2 + (n-1)^2 = a^2 + n^2 - 2n + 1,$$

und folglich

$$\alpha)\ v + w = 2(a^2 + n^2) + 2$$

und

$$\beta)\ v - w = 4n,$$

also

$$(v-w)^2 = 16n^2.$$

Halten wir damit die (auch hier noch gültigen) Gleichungen I und III in §. 25, nämlich:

$$\text{I.}\quad x = 2\sqrt{a^2 + n^2}$$

und folglich

$$\text{III.}\quad n = \tfrac{1}{2}\sqrt{x^2 - 4a^2}$$

zusammen, so ergiebt sich

$$a^2 + n^2 = \frac{x^2}{4}$$

und

$$n^2 = \frac{x^2}{4} - a^2.$$

Setzen wir ferner diese Werthe in die für $v + w$ und für $v - w$ gefundenen Ausdrücke α und β hier oben, so ist

$$v + w = 2(a^2 + n^2) + 2 = \frac{x^2}{2} + 2,$$

und

$$(v-w)^2 = 16n^2 = 4x^2 - 16a^2,$$

und substituiren wir endlich diese Ausdrücke in die oben mit VII bezeichnete Form unserer Gleichung $y^4 - 2y^2(v+w) + (v-w)^2 = 0$, so erhalten wir, als die gesuchte *Endgleichung zwischen x und y*:

$$y^4 - 2y^2\left(\frac{x^2}{2} + 2\right) + (4x^2 - 16a^2) = 0,$$

oder

$$\text{VIII.}\quad y^4 - x^2y^2 - 4y^2 + 4x^2 - 16a^2 = 0,$$

eine Gleichung, die in der That überschaulicher ist, als die in §. 25 gefundene Gleichung IV oder V, und namentlich den Vorzug hat, dafs nur *gerade Potenzen* der veränderlichen Gröfsen vorkommen.

(Dasselbe Resultat müſste sich offenbar ergeben, wenn man den Werth für n, statt aus der Gleichung I des §. 25 aus der obigen Gleichung VI entwickelt und *in die* Gleichung I substituirt hätte, was zur Controle der Rechnung dienen kann.)

Die Umwandlung der Gleichung für die vom Anfange des *Tones selbst* (statt vom Augenblicke des Schusses an) gerechnete Zeit, oder für die *halbe* Wellenlänge statt der ganzen, bietet weiter keine erhebliche Vereinfachung.

Betrachtet man also die von dem Momente des Schusses an verflossene *Zeit* als *Abscisse*, und als zugehörige *Ordinate* die *Wellenlänge*, welche der Reflexionston bis dahin angenommen, so bildet Letztere in ihren successiven Werthen eine algebraische Curve *des vierten Grades*, die durch obige Gleichung (VIII) bezeichnet wird. Der Bau dieser Gleichung (wenn ich so sagen darf) wird übrigens noch etwas anschaulicher, wenn wir sie so schreiben:

$$\text{IX.} \quad (y^2 - x^2) \cdot (y^2 - 4) = 16a^2,$$

oder, wenn man lieber will,

$$\text{X.} \quad (x^2 - y^2) \cdot (4 - y^2) = 16a^2,$$

und die *wesentliche* Eigenschaft der fraglichen Toncurve bestände sonach darin, daſs die *beiden eingeklammerten Differenzen* (nämlich die der Quadrate der zusammengehörigen Coordinaten, und die des Ordinatenquadrates mit einer constanten Gröſse [4]) ein *constantes Product haben*, d. h. *umgekehrt proportional sind.*

Da übrigens die Gleichung in Bezug auf y^2 nur vom zweiten Grade ist, so werden sich *je zwei* ihrer vier Wurzeln nur durch das Vorzeichen unterscheiden können, und da sowohl x als y nur mit geraden Exponenten vorkommen, so wird die betreffende Curve, nach Art der Ellipse oder Hyperbel, eine *doppelt symmetrische* seyn.

§. 27. Bevor wir jedoch diese Toncurve noch näher betrachten, wollen wir die Gleichung derselben wiederum in Bezug auf einige schon bekannte Gesetze des Reflexionstones prüfen.

Setzen wir z. B. $y = 2$, so entsteht aus Gleichung IX oder X das im Allgemeinen widersprechende Resultat:

$$0 = 16a^2,$$

und x wird unmöglich; d. h. die Wellenlänge des Tones kann (für $a > 0$) *nie* $= 2$ werden, was mit dem bereits in §. 3 gefundenen Gesetze im Einklange ist.

Setzen wir dagegen $y = 2$ und gleichzeitig $a = 0$, so schwindet dieser Widerspruch und es wird

$$(y^2 - x^2) \cdot 0 = 0,$$

d. h. x wird eine *willkürliche* Gröfse, oder y wird von x *unabhängig*: die Wellenlänge des Tones beträgt für *jeden beliebigen* Augenblick seiner Dauer 2, oder der Ton ist ein *constanter*; wie diefs auch in der That seyn mufs. Denn wenn der Hörende und der Schiefsende in g, Fig. 6 Taf. VI, (am Anfange des Gitters) stehen, so hat ja der vom $n$ten Stabe reflectirte Schall den Weg $gi + ig = 2n$, und der vom folgenden Stabe reflectirte den Weg $gk + kg = 2 \cdot (n+1)$ zurückzulegen, und die *Differenz* beider Wege, oder die Wellenlänge des in g vernommenen Tones ist dann in der That, für *jeden* Werth von n, $= 2 \cdot (n+1) - 2n = 2$; der einzige Fall, in welchem der Reflexionston eine constante Höhe haben, also jenes *Sinken* desselben wegfallen würde, der aber freilich (wenigstens bei unserer Eisenbahnbrücke) wegen der Unzugänglichkeit des Punktes g nicht practisch nachweisbar ist.

Diese beiden Ergebnisse stimmen also mit dem früher Erwiesenen überein. Lösen wir, zum Zwecke weiterer Folgerungen, unsere Gleichung VIII für y^2 oder für y selbst auf, so erhalten wir sie in der Gestalt:

$$\text{XI.} \quad y^2 = \left(\frac{x^2}{2} + 2\right) \pm \sqrt{\left(\frac{x^2}{2} - 2\right)^2 + 16a^2},$$

oder

$$y = \pm \sqrt{\left(\frac{x^2}{2} + 2\right) \pm \sqrt{\left(\frac{x^2}{2} - 2\right)^2 + 16a^2}},$$

Dann müfste, für $x = 0$, d. h. für den Augenblick des Schusses selbst, y unmöglich werden, weil der Ton in die-

sem Augenblicke noch nicht existirt. *Setzen* wir nun in diesen letzten Formen unserer Gleichung $x = 0$, so erhalten wir

$$y^2 = 2 \pm 2\sqrt{4a^2 + 1},$$

was ein Widerspruch scheint, weil es y nur dann unmöglich macht, wenn die im letzten Gliede stehende, an sich zweideutige Wurzel *negativ* genommen wird. Diese Bemerkung führt uns einerseits auf die ohnehin noch unerledigte Frage, wie sich überhaupt die *vier möglichen Wurzeln* der biquadratischen Gleichung unserer Toncurve zu der *einen* Wellenlänge verhalten, die doch dem Tone offenbar nur zukommt, — deutet aber auch andererseits zugleich schon auf eine vielleicht mögliche *Beantwortung* dieser Frage hin, dafs nämlich jenes Wurzelzeichen (aus irgend einem in der Natur der Sache liegenden Grunde) *überhaupt nur im negativen Sinne genommen werden dürfe.*

Dieselbe Frage drängt uns auch noch andere derartige Substitutionen auf. Wir wissen z. B. aus der obigen Untersuchung, dafs y nicht $= 2$, aber auch nicht > 2 werden kann. Auch diese letztere Annahme müfste folglich x unmöglich machen. Setzen wir nun aber $y > 2$, z. B. $y = 3$ in unsere Gleichung IX oder X, so erhalten wir

$$(x^2 - 9) . 5 = - 16a^2,$$

und daraus

$$x = \sqrt{\frac{45 - 16a^2}{5}},$$

einen Werth, der *nur dann* unmöglich wird, wenn $16a^2 > 45$ ist, der also z. B. für $a = 1$ die reelle Gestalt:

$$x = \sqrt{5{,}8}$$

annimmt. Setzen wir nun umgekehrt diesen Werth $x = \sqrt{5{,}8}$ wiederum in unsere obige, für y aufgelöste Gleichung ein, so erhalten wir (für denselben Werth von $a = 1$):

$$y^2 = (2{,}9 + 2) \pm \sqrt{(2{,}9 - 2)^2 + 16}$$
$$= 4{,}9 \pm \sqrt{16{,}81}$$
$$= 4{,}9 \pm 4{,}1$$

also für das *obere* Zeichen das der gemachten Substitution

entsprechende, nach unseren früheren Untersuchungen aber unmögliche Resultat: $y^2 = 9$ und $y = 3$; — *für das untere Zeichen* hingegen erhalten wir $y^2 = 0{,}8$ und somit $y = 0{,}89\ldots$, einen Werth, der *innerhalb* der oben nachgewiesenen Gränzen der Möglichkeit liegt. Auch diefs deutet wiederum darauf hin, dafs die in unserer Gleichung XI vorkommende Wurzel *nur negativ* zu nehmen sey.

Die strenge Nachweisung der Richtigkeit dieser Beschränkung aber, sowie der eigentliche *Grund* derselben, ergiebt sich leicht auf folgende Weise. Schreiben wir nämlich unsere für y^2 gefundene Gleichung XI so:

$$\text{XIII.} \quad y^2 - \left(\frac{x^2}{2} + 2\right) = \sqrt{\left(\frac{x^2}{2} - 2\right)^2 + 16a^2},$$

so wird sich aus der Entstehungsgeschichte der Formel selbst leicht nachweisen lassen, dafs *unter allen Umständen* $\left(\frac{x^2}{2} + 2\right) > y^2$, dafs folglich die *linke* Seite dieser letzten Gleichung, $y^2 - \left(\frac{x^2}{2} + 2\right)$, und somit auch die *rechte*, nämlich $\sqrt{\left(\frac{x^2}{2} - 2\right)^2 + 16a^2}$, eine *wesentlich negative Gröfse* vorstellt, und dafs darum diefs Wurzelzeichen in der That *nur negativ zu nehmen* ist.

Denn blicken wir zurück auf die zu Grunde gelegte Gleichung VI des vorigen §.:

$$y = \sqrt{a^2 + (n+1)^2} - \sqrt{a^2 + (n-1)^2},$$

oder

$$y = \sqrt{v} - \sqrt{w},$$

oder

$$y^2 = v + w - 2\sqrt{vw},$$

so sind die beiden Wurzeln $\sqrt{v}$ und $\sqrt{w}$, welche ja nichts Anderes als die Längen der Linien ek und eh in Fig. 10 Taf. VI vorstellen, offenbar hier *beide nur positiv*, oder mindestens *beide mit gleichem Vorzeichen* zu nehmen, weil ja anderenfalls die den Werth von y bildende algebraische *Differenz* dieser beiden Linien auch ebenso gut zur (absoluten) *Summe* ihrer Längen werden könnte, welche Letztere

offenbar bei der Erzeugung des Reflexionstones nicht mitwirken kann. Wir haben sonach festzuhalten, dafs das *Product* dieser beiden Wurzeln, $\sqrt{v}\,.\sqrt{w}$, stets eine *wesentlich positive* Gröfse, und folglich das letzte Glied der Gleichung $y^2 = v + w - 2\sqrt{vw}$ eine *wesentlich negative* ist, oder, mit anderen Worten, dafs $v + w - 2\sqrt{vw}$ nie gröfser, sondern *stets wirklich kleiner* seyn wird, als $v + w$. Nun ist aber

$$v + w - 2\sqrt{vw} = y^2$$

und

$$v + w = \frac{x^2}{2} + 2,$$

(welches Letztere sich bereits in §. 26 ergeben), und folglich *Letzteres stets gröfser als Ersteres*, d. h.

$$\frac{x^2}{2} + 2 > y^2.$$

Es wird sonach die *linke* Seite der obigen Gleichung XIII, nämlich $y^2 - \left(\frac{v^2}{2} + 2\right)$, stets eine *wesentlich negative Gröfse*, und folglich auch die ihr gleiche *rechte* Seite, nämlich $\sqrt{\left(\frac{x^2}{2} - 2\right)^2 + 16a^2}$, eine solche vorstellen, d. h. diese letztere Wurzel wird (für unsere *Toncurve*) *nur im negativen Sinne zu nehmen seyn.*

Wir hätten demnach unsere Gleichung XI richtiger so zu schreiben:

$$\text{XIV.} \quad y^2 = \left(\frac{x^2}{2} + 2\right) - \sqrt{\left(\frac{x^2}{2} - 2\right)^2 + 16a^2},$$

worin also das erste Minuszeichen ein *wesentliches*, d. h. die sonstige Zweideutigkeit des folgenden Wurzelzeichens ausschliefsendes, ist.

§. 28. Begeben wir uns jetzt, nachdem wir diese *Beschränkung* gehörig begründet, von Neuem an die Prüfung unserer Endgleichung, so wird *nunmehr*, für $x = 0$, d. h. für den Augenblick des Schusses, $y = \sqrt{2 - \sqrt{4 + 16a^2}}$, demnach für alle Werthe von $a \gtrless o$, *imaginär*, der Ton also unmöglich, wie diefs auch seyn mufs.

Für $a = 0$ wird $y^2 = \left(\frac{x^2}{2} + 2\right) - \left(\frac{x^2}{2} - 2\right) = 4$, also $y = \pm 2$, wie wir diefs gleichfalls bereits anderweitig nachgewiesen (vergl. §. 27).

Für $x = 2a$ wird

$$\begin{aligned} y^2 &= (2a^2 + 2) - \sqrt{(2a^2 - 2)^2 + 16a^2} \\ &= (2a^2 + 2) - (2a^2 + 2), \end{aligned}$$

also $y = 0$, wie nicht minder zu erwarten war.

Für $x < 2a$ wird, — da man unsere Gleichung XIV offenbar auch so schreiben kann:

$$\text{XV.} \quad y^2 = \left(\frac{x^2}{2} + 2\right) - \sqrt{\left(\frac{x^2}{2} + 2\right)^2 + 4 \cdot (4a^2 - x^2)},$$

der letzte eingeklammerte Factor positiv, demnach die Wurzel $> \left(\frac{x^2}{2} + 2\right)$, und somit y imaginär, was wiederum zu erwarten stand, da ja der Ton für $x < 2a$ noch nicht begonnen hat.

Auf ganz ähnliche Weise ergiebt sich, dafs dagegen, für $x > 2a$, y stets *reelle* Werthe erhält. (Die Zweideutigkeit des Vorzeichens von y selbst ist begreiflicher Weise für die physikalische Anwendung der Gleichung von keinem Belange.)

Setzt man endlich $y = 2$, z. B. in die letzte Form der Gleichung (XV), und ordnet dieselbe dann für x, so findet sich:

$$x^2 \cdot 0 = 4a^2$$

d. h., es mufs, wenn $y = 2$ werden soll, *entweder* $4a^2$ (und damit auch a selbst) $= 0$, *oder* $x^2 = \frac{4a^2}{0} = \infty$ werden, was gleichfalls mit allen obigen Ergebnissen übereinstimmt, (und sich ebenso, wenn auch minder einfach ergiebt, indem man den ersten Differenzialquotienten der Gleichung in ihrer ursprünglichen oder in ihrer entwickelten Gestalt, um das etwaige Maximum für y zu finden, $= 0$ setzt).

Ein Bedenken könnte etwa noch der Fall erregen, wo

$x = 0$ und *zugleich* $a = 0$ wird. Wir haben nämlich, wie schon bemerkt, für $x = 0$

$$y^2 = 2 - \sqrt{4 + 16a^2}.$$

Setzt man nun auch $a = o$, so wird auf den ersten Blick $y^2 = 2 - \sqrt{4} = 2 - 2 = 0$, d. h. der Ton hätte, für den am Anfange des Gitters stehenden Beobachter, gar keine Wellenlänge, während sich doch oben gezeigt hat, dafs, für $a = 0$, $y = 2$ (unabhängig von x) wird. Allein auch dieser *letztere* Werth ergiebt sich einfach aus der gemachten Substitution, wenn wir nämlich bedenken, dafs für $x = 0$ und $a = 0$ eigentlich

$$y = (0 + 2) - \sqrt{(0-2)^2 + 16 \,.\, 0^2}$$

wird, dafs also, wenn wir für das erste unter dem Wurzelzeichen stehende Glied ohne Weiteres $+4$ setzen, doch diefs $+4$ nur die Quadratzahl von $(0-2)$, oder von -2 vorstellt; und folglich, wenn das zweite Glied ($16a^2$) verschwindet, die fragliche Wurzel eigentlich $0 - 2$ bedeutet, also $y^2 = (0 + 2) - (0 - 2)$ wird, was in der That $y = \pm 2$ liefert [1]).

Es stimmen somit nunmehr sämmtliche Folgerungen aus unserer Gleichung mit den früher gefundenen Resultaten überein.

§. 29. Berechnet man, um sich eine deutlichere Vorstellung von der *Gestalt* der fraglichen Curve zu bilden, einige ihrer zusammengehörigen Coordinaten, etwa nach der Gleichung XI in §. 27, (und zwar, um die Bedeutung der Gleichungen zu erschöpfen, noch mit Berücksichtigung *beider Vorzeichen* des zweiten Gliedes), so erhält man, z. B. für die willkürliche Entfernung $a = 10$ Längeneinheiten, folgende Werthe:

1) Der *andere* Werth ($y = 0$), der aus der Gleichung $y^2 = \left(\frac{x^2}{2} + 2\right) - \sqrt{\left(\frac{x^2}{2} - 2\right)^2}$ *nur* für $x = 0$ resultirt, bildet offenbar blofs einen sogenannten »*conjugirten Punkt*«, während für alle übrigen Werthe von x die dieser Gleichung entsprechende »Curve« lediglich in zwei der Abscissenaxe parallelen Geraden besteht.

$x =$	$y =$	
0	i	± 6,485
± 2	i	» 6,633
» 4	i	» 7,103
» 6	i	» 7,942
» 10	i	» 10,699
» 20	0,000	» 20,099
» 22	± 0,830	» 22,075
» 24	» 1,103	» 24,058
» 26	» 1,276	» 26,045
» 28	» 1,398	» 28,036
» 30	» 1,489	» 30,0297
» 32	» 1,560	» 32,0245
» 36	» 1,662	» 36,0172
» 40	» 1,731	» 40,0125
» 50	» 1,841	» 50,0061
» 60	» 1,886	» 60,0037
» 70	» 1,916	» 70,0023
» 80	» 1,936	» 80,0015
» 90	» 1,950	» 90,0011
» 100	» 1,959	» 100,0008

Von den doppelten Werthen für y sind die in der *vorderen* Columne stehenden die aus dem *Minuszeichen* hervorgegangenen und somit für unsere Toncurve allein zulässigen, während die in der zweiten Reihe nur die andere Hälfte des rein algebraischen Inhaltes unserer ursprünglichen Gleichung bilden. (Der Buchstabe i bedeutet imaginäre Werthe).

Construirt man diese Werthe nach einem willkürlichen Maafsstabe, so ergiebt sich ungefähr die in Fig. 1 Taf. VII dargestellte Form der zugehörigen Curve, die also, wie schon die Gleichung gezeigt, eigentlich aus *zwei verschiedenen Zügen* besteht, von welchen aber *nur der eine* (der Abscissenaxe zunächst liegende) für unsere akustische Frage von Bedeutnng ist. (Man könnte auf den ersten Anblick der Figur geneigt seyn, diesen Zug für eine Parabel, oder für eine Hyperbel mit sehr kleinen Asymptotenwinkel zu halten; — Beides aber ist schon um defswillen nicht zulässig, weil unsere Curve, erwiesenermafsen, eine *der Abscissenaxe parallele Asymptote* hat, [deren Gleichung

$y = \pm 2$ ist], was weder bei der apollonischen Parabel, noch bei der Hyperbel der Fall ist [1])).

1) Der *andere* Zug der Curve, welcher aus der *zweiten* Columne obiger Zahlentabelle hervorgeht und der für unseren Zweck nicht zulässigen *positiven* Wurzel (in Gleichung XI) entspricht, hat, wie man auf den ersten Blick sieht, die gröſste Aehnlichkeit mit einer *gleichseitigen Hyperbel* (mit vertauschten Axen). Daſs er dessen ungeachtet keine solche seyn kann, liegt auf der Hand. Denn sonst müſste ja die bekannte Gleichung der gleichseitigen Hyperbel, $y^2 - x^2 + \alpha^2 = 0$, oder, nach der hier nöthigen Vertauschung, $y^2 - x^2 - \alpha^2 = 0$, (wo α^2 das Quadrat der halben Axe vorstellt, und in unserem Falle offenbar $= 2 + 2\sqrt{4a^2 + 1}$ seyn müſste) in unserer ursprünglichen Gleichung VIII *als Factor enthalten*, d. h. diese müſste durch $y^2 - x^2 - 2(1 + \sqrt{4a^2 + 1})$ *theilbar* seyn, was offenbar nicht der Fall ist. Daſs übrigens die fragliche Curve in der That, *wie* die gleichseitige Hyperbel, eine die Axen im Nullpunkte unter einem Winkel von 45° schneidende *Asymptote* hat, was schon die Fortschreitung der in obiger Zahlentabelle enthaltenen Werthe für y zur Genüge zeigt, wird aus dem Umstande begreiflich werden, daſs mit stets wachsendem x in der Gleichung XI des §. 27 die Zahl 2 gegen $\frac{x^2}{2}$ und zugleich auch die Constante $16a^2$ gegen $\left(\frac{x^2}{2}\right)^2$ *mehr und mehr verschwindet*, und sonach die Gleichung der Gestalt $y^2 = \frac{x^2}{2} + \sqrt{\left(\frac{x^2}{2}\right)^2}$, oder $y = \pm x$ stets *näher kommt*. Dasselbe bestätigt sich vollständig, wenn man z. B. die Axen um jenen Winkel von 45° dreht, wodurch sich x in $\frac{x-y}{\sqrt{2}}$, y in $\frac{x+y}{\sqrt{2}}$ verwandelt und die Gleichung der Curve folgende Gestalt annimmt:

$$xy \,.\, [(x+y)^2 - 8] = 16a^2,$$

in welcher also offenbar weder x, noch y Null werden kann, d. h. die zugehörige Curve ganz innerhalb zweier durch ihre Axen gebildeten Scheitelwinkel fallen muſs u. s. w. Daſs sie aber *keine* Hyperbel sey, wird eben aus dieser letzten Form der Gleichung recht anschaulich. Denn diese müſste ja sonst identisch seyn mit der Gleichung der Hyperbel zwischen ihren Asymptoten: $xy = \frac{\alpha^2}{2}$; die zusammengehörigen Coordinaten müſsten also ein *constantes Product*, und folglich, — wegen $\frac{\alpha^2}{2}[(x+y)^2 - 8] = 16a^2$, — *zugleich* eine constante *Summe* haben, was bei veränderlichen Gröſsen ein Widerspruch ist, da zwei Zahlen durch Product *und* Summe *bestimmt* sind u. s. w. Weitere analytische Untersuchungen müssen wir, als nicht hierher gehörig, übergehen.

§. 30. Die Ordinaten der so eben besprochenen Curve stellen, wie bemerkt, die mit gleichmäfsig fortschreitender Zeit stattfindende Zunahme der *Wellenlänge* des Reflexionstones dar. Nun sind wir aber allerdings nicht *gewohnt*, die Vergleichung zweier verschiedenen Tonhöhen direct nach deren *Wellenlänge*, sondern vielmehr nach der *Schwingungsgeschwindigkeit*, d. h. nach der in eine Sekunde, oder eine andere beliebige Zeiteinheit fallenden Wellen*zahl* vorzunehmen. Unsere Figur giebt daher, mit Rücksicht auf diese, auch schon durch die musikalische Zeichensprache gleichsam zur anderen Natur gewordene Gewohnheit, noch immer kein recht *anschauliches* Bild von dem erwähnten *raschen Sinken* des Reflexionstones. Um vielmehr ein solches Bild zu erhalten, müfste man offenbar die Wellenlängen auf *Schwingungszahlen* reduciren, d. h. man müfste die Curve so construiren, dafs ihre Ordinaten die *Zahl* der Wellen ausdrückten, die der Ton, etwa in einer Sekunde, hervorbringt, oder vielmehr, die er hervorbringen *würde*, wenn er mit gleichmäfsiger Schwingungsgeschwindigkeit forttönte.

Am Einfachsten würde man diesen Zweck erreichen, wenn man eine Figur entwürfe, deren Ordinaten geradezu die *reciproken Werthe* der in unserer Fig. 1 Taf. VII vorkommenden, also der in der kleinen Tabelle des §. 29 für y enthaltenen Zahlen bildeten, weil ja Schwingungszahl und Wellenlänge umgekehrt proportional sind.

Allein auch diefs würde für die einmal gebräuchliche und *geläufige* Auffassung der Höhe eines Tones nicht genügen. Denn wir sind ja nach der einmal eingeführten musikalischen Bezeichnung gewohnt, zwei Intervalle als *gleich* zu betrachten, — *nicht*, wenn ihre Schwingungszahlen gleiche *Differenzen*, sondern wenn sie gleiche *Quotienten* liefern. Machen z. B. drei Töne A, B und C beziehungsweise 40, 60 und 90 Schwingungen in einer beliebigen Zeiteinheit, so sagen wir: Der Ton B ist eine Quinte höher, als A, und C wiederum eine Quinte höher als B, d. h. die beiden Intervalle von A zu B und von B zu C

sind für unser Ohr *einander gleich.* Wollten wir dagegen eine Curve construiren, in welcher drei Ordinaten sich wie jene drei genannten Zahlen verhielten, so würde diese Curve uns die erwähnte *Gleichheit* der beiden Intervalle *nicht* zu veranschaulichen geeignet seyn, weil der wirkliche *Zuwachs* von 60 auf 90 ein gröfserer ist, als von 40 auf 60. Und umgekehrt: — wenn sich die Schwingungsgeschwindigkeiten dreier Töne A', B' und C' etwa wie die Zahlen 40, 60 und 80 verhielten, so würden wir ohne Zweifel, vom Standpunkte der musikalischen Auffassung, die unserer Notenschrift zu Grunde liegt, sagen: Die beiden Intervalle von A' zu B' und von B' zu C' sind *nicht* gleich; denn ersteres ist eine Quinte, letzteres nur eine Quarte. Eine Curve also, deren Ordinaten sich wie die genannten Schwingungszahlen verhielten, würde uns auch diese *Ungleichheit* der Intervalle *nicht zur Anschauung bringen*, weil der Zuwachs von 40 auf 60 und von 60 auf 80 *gleich grofs* ist.

Wollen wir demnach ein recht *anschauliches* Bild des Sinkens unserer Reflexionstöne nach der in der musikalischen Welt gebräuchlichen Auffassung der Intervalle haben, so müssen wir als Maafseinheit für die Ordinaten der neuen Veranschaulichungscurve ein solches musikalisches *Intervall selbst* wählen, und zwar eines, das in möglichst bequemer Weise einen *Maafsstab für andere* Intervalle abgeben kann. Wenden wir deshalb hierzu z. B. den sogenannten temperirten »halben Ton« an, d. h. construiren wir eine Curve, die so beschaffen ist, dafs, während in ihr die *Abscissen* ihre vorige Bedeutung (der gleichmäfsig fortschreitenden Zeit) beibehalten, die Ordinaten die *Anzahl halber Töne* ausdrücken, um welche der Reflexionston in jedem einzelnen Punkte seiner Dauer höher ist, als ein beliebig zu bestimmender *Grundton.* Am Naturgemäfsesten wird es hierbei ohne Zweifel seyn, als diesen *Grundton*, oder diesen *Nullpunkt* der Ordinaten, das mehrerwähnte *Minimum der Tonhöhe* anzunehmen, welchem der Reflexionston während seiner Dauer stets näher kommt,

und dessen Wellenlänge bekanntlich der doppelte Abstand je zweier Gitterstäbe bildet.

Da nun das Verhältnifs der Schwingungszahlen für das Intervall des *halben Tones* nach der sogenannten gleichschwebenden Temperatur $= 1 : \sqrt[12]{2}$ ist, so wird die Wellenlänge y irgend eines Tones, der um n halbe Töne höher seyn soll, als ein anderer von der gegebenen Wellenlänge w, auszudrücken seyn durch:

$$y = \frac{w}{\sqrt[12]{2^n}},$$

oder, wenn, wie in unserem Falle, die Wellenlänge w des gegebenen Grundtones selbst $= 2$ ist,

$$y = \frac{2}{\sqrt[12]{2^n}} = (\sqrt[12]{2})^{12-n},$$

woraus sich

$$n = 12 - \frac{\log y}{\frac{1}{12}\log 2}$$

ergiebt, als Ausdruck für die Anzahl halber Töne, um welche der Ton von der Wellenlänge y höher liegt, als der von der Wellenlänge 2. Bezeichnen wir darum die Ordinaten der zu construirenden neuen Curve, die ja gerade diese Anzahl halber Töne ausdrücken sollen, zum Unterschiede von denen unserer vorigen Curve, mit y', so haben wir für jene die Gleichung:

$$\text{XVI.} \quad y' = 12 - \frac{\log y}{\frac{1}{12}\log 2},$$

welche, für die Rechnung bequemer in die zwei Formeln zerfällt:

$$\text{XVII.} \quad \begin{cases} a) \quad \log\psi = \log\log y - \log\frac{\log 2}{12} \text{ und} \\ b) \quad y' = 12 - \psi. \end{cases}$$

Berechnet man nun nach diesen Formeln die neuen Ordinaten y' z. B. für die in der Tabelle §. 29 enthaltenen Werthe von y, so ergeben sich für die dort gemachte Annahme von $a = 10$ folgende Zahlen:

Für $x =$	wird $y' =$
22	15,2183
24	10,3054
26	7,7840
28	6,2019
30	5,1056
32	4,3004
36	3,2032
40	2,5057
50	1,4374
60	1,0185
70	0,7453
80	0,5587
90	0,4395
100	0,3534

und diese Zahlenwerthe liefern, in ein rechtwinkliges Coordinatensystem eingetragen, die fragliche Toncurve in der anschaulicheren Gestalt der Fig. 2 Taf. VII.

Nehmen wir nun hierbei als das erwähnte ***Minimum*** der Tonhöhe für das Gitter der Frankfurter Eisenbahnbrücke, wie sich in §. 3 ergeben hat, das *zweigestrichene C* an, so findet sich für $x = 22$ (d. h. etwa $\frac{1}{1000}$ Sekunde nach dem Beginn des Tones) ungefähr das *dreigestrichene Es*, für $x = 24$ bereits das *zweigestrichene B*, für $x = 26$ das *zweigestricheue As* etc., wie diefs am Rande der Fig. 2 Taf. VII angegeben ist; so dafs man für den ganzen Verlauf des Tones *ungefähr* folgende Melodie erhält:



(wobei selbstverständlich das durch Noten nicht auszudrückende *continuirliche* Sinken durch ein *sprungweise* verlaufendes ersetzt ist.)

Das Gesagte wird hinreichen, einestheils die Charakteristik dieser eigenthümlichen Art von Tönen zu vervollständigen, anderntheils aber auch die in §. 22 geschilderte ***überaus grofse Schwierigkeit*** begreiflich zu machen, welche

sich dem Auffassen des *Intervalls zweier* solchen Töne durch das Ohr entgegensetzt.

§. 31. Eben diese rasche Veränderlichkeit des Tones legt nun noch die weitere Frage nahe, unter welchen Umständen dieselbe *nicht* eintreten würde, d. h. welche Bedingungen erforderlich wären, um einen *constanten Reflexionston* hervorzubringen. Offenbar sind diese Bedingungen in der *Gestalt des erzeugenden Gitters* zu suchen. Denn da die Veränderlichkeit des Tones ihren Grund in dem *ungleichmäfsigen Wachsen* der Entfernungen *eh, ei, ek* .... (Fig. 10 Taf. VI) hatte, so wird sie beseitigt seyn, sobald das Gitter eine solche Gestalt annimmt, dafs jene Entfernungen, für gleichen Zuwachs des Abstandes der Stäbe vom Anfange des Gitters, auch gleichmäfsig zunehmen.

Unsere Frage würde demnach, specieller gefafst, so lauten: Welche Curve mufs das aus gleichweit von einander entfernten Stäben bestehende *Gitter* bilden, damit sich der veränderliche Reflexionston in einen von *constanter Höhe*, oder, was dasselbe ist, damit die in Fig. 2 Taf. VII verzeichnete Toncurve sich in eine der Abscissenaxe parallele *gerade Linie* verwandle?

Gesetzt, es stelle gk in Fig. 31 Taf. VI die gesuchte *Gittercurve*, g deren Anfang, und e wiederum den Standpunkt des Beobachters (d. h. vorerst des Hörenden und Schiefsenden zugleich) vor, während h, i, k drei aufeinanderfolgende Stäbe des Gitters bezeichnen mögen, so dafs $hi = ik$.... etc. ist: dann wird der bei h reflectirte Schall den Weg $2eh$, der bei i reflectirte Weg $2ei$ etc. zurückzulegen haben, und die *Differenzen* je zweier benachbarten dieser Wege werden, für den Fall eines *constanten* Tones, stets *gleich bleiben*, d. h. es wird $ek - ei = ei - eh$... seyn müssen. Schon daraus ergiebt sich auf den ersten Blick, dafs die betreffende Curve gk sich *erstens* bei ihrem ferneren Verlaufe von e stets weiter und weiter entfernen, und *zweitens*, dafs sie dem Punkte e ihre *Concavität* zukehren wird. Sie wird also im Allgemeinen zu der Gattung der *Spiralen* gehören, ja sie könnte

auf den ersten Anblick geradezu als eine *gemeine Spirale des ersten Grades* (z. B. als die kononsche oder archimedische Spirale) erscheinen.

Denn denkt man sich vorerst die Vectoren eh, ei, ek .... in *parallele Ordinaten*, und sonach den Punkt e in eine darauf senkrechte Abscissenaxe umgewandelt, d. h. verwandelt man die fragliche Spirale in die entsprechende algebraische Curve zwischen rechtwinkligen Coordinaten, (etwa wie in Fig. 32 Taf. VI), es ergiebt sich als Bedingung für die Letztere, dafs für $hi = ik = \ldots = 1$, auch $ke'' - ie' = ie' - he \ldots$ etc. werde, was offenbar eine *gerade Linie* liefern würde, die ihre Abscissenaxe unter einem Winkel $= \arcsin(ie' - he)$ schneidet. Setzt man diese constante Differenz $ie' - he$ (die in unserem Falle die *halbe Wellenlänge* des Reflexionstones vorstellen würde) $= \varepsilon$, so würde die *Gleichung* dieser geraden Linie seyn:

$$y = \frac{\varepsilon}{\sqrt{1-\varepsilon^2}} \cdot x \pm a;$$

so dafs es zunächst den Anschein haben könnte, als brauche man nur diese für Parallelcoordinaten gültige Formel auf *Polarcoordinaten* zu beziehen, um die Gleichung der verlangten Gittercurve zu haben, die dann in der That eine gewöhnliche Spirale des ersten Grades seyn würde. Es ist indessen leicht einzusehen, dafs diefs ein Irrthum wäre. Denn bei einer solchen Spirale des ersten Grades sind ja die Zunahmen des Radius Vector denen der zugehörigen *Drehungswinkel* proportional, und folglich (da die zu gleicher Drehung gehörigen Bogen von innen nach aufsen immer länger werden) nicht *den Bogen selbst*, was bei unserer gesuchten Curve der Fall seyn mufs, wenn anders, wie vorausgesetzt, die Stäbe stets gleichen Abstand behalten sollen. Der Grund, dafs man die eben gefundene gerade Linie nicht ohne Weiteres auf Polarcoordinaten übertragen darf, liegt offenbar in der bei Letzteren eintretenden *Divergenz* der Radien, oder vielmehr in der von dieser Divergenz abhängigen *Ungleichheit der zwischenliegenden*

Bogen, auch für gleiche Drehung, bei ungleichem Abstande vom Pole.

Will man sich durch den Augenschein von der Verschiedenheit beider Curven (der gemeinen Spirale und unserer gesuchten) überzeugen, so construire man sich Beide vom gemeinschaftlichen Anfangspunkte aus, etwa wie in Fig. 3 Taf. VII, in welcher die stark ausgezogene Linie jene einfache Spirale des ersten Grades, die punktirte aber unsere fragliche Gittercurve vorstellt, so zwar, dafs Beide die benachbarten Punkte a und b gemein haben. Die weiteren Punkte $c, d, e, f, \ldots$ werden leicht gefunden, indem man die Distanz ab in den Zirkel nimmt und sie allmählich auf den folgenden concentrischen Kreisen abschneidet, so dafs $ab = bc = cd = de \ldots\ldots$ wird. Es ist nämlich leicht einzusehen, dafs in Folge dieser Construction (bei gleichem Abstande der concentrischen Kreise von einander) $co - bo = do - co = eo - do \ldots$, gleich der halben Wellenlänge des verlangten constanten Tones seyn wird. Zugleich ergiebt sich auf den ersten Blick, dafs unsere Curve sich *weit rascher* von ihrem Centrum entfernt, als die einfache Spirale, ja dafs sie sich, bei gröfserer Entfernung von demselben, mehr und mehr einer geraden Linie nähert (und zwar in höherem Grade, als diefs jene Spirale thut). Denn denkt man sich die concentrischen Hülfskreise so grofs geworden, dafs die entsprechenden Bogen je dreier auf einanderfolgenden, im Vergleiche mit der constanten kurzen Strecke ab, als drei parallele gerade Linien betrachtet werden können, so würde die Curve eine Secante bilden, welche, wie leicht einzusehen, diese drei Linien unter gleichen Winkeln schnitte, und würde folglich selbst eine gerade Linie seyn [1]).

1) Dieselbe Folgerung ergiebt sich andererseits auch daraus, dafs für ein *geradliniges* Gitter die in §. 29, oder die in §. 30 gefundene *Toncurve* sich der geraden Linie nähert. Denn offenbar wird defshalb auch, wenn Letztere selber eine gerade Linie werden (d. h. der Ton constant seyn) soll, die zugehörige *Gittercurve* die entsprechende Eigenschaft haben müssen.

Denkt man sich in Fig. 33 Taf. VI $fo = a$ als die Entfernung des Anfangs des Gitters vom Centrum o, d. i. vom Standpunkte des Beobachters, und fh als das Stück, welches die einfache Spirale und die unserige gemein haben (dem ab der Fig. 3 Taf. VII entsprechend), und betrachtet man zugleich, der Einfachheit wegen, den *zugehörigen* Drehungswinkel foh (oder den entsprechenden Kreisbogen fg) als die *Einheit*, d. h. als das Maafs, nach welchem alle weiteren Drehungen gemessen werden, so dafs also fo $(= a)$ für die Drehung 0, und ho $(= a + \varepsilon)$ für die Drehung 1 den beiden Curven gemeinsam angehören, (wobei der Buchstabe ε die ihm vorhin beigelegte Bedeutung der halben Wellenlänge des entstehenden Tones behalten möge); — bezeichnet man ferner mit r den Radius Vector der fraglichen Curve im Allgemeinen (als veränderliche Gröfse), mit r_1, r_2, r_3, $r_4 \ldots . r_n$ dagegen die *bestimmten* Werthe, die derselbe beziehungsweise für die Drehungswinkel 1, 2, 3, 4 . . . . n annimmt, (letztere nach der erwähnten Einheit fg gemessen), — und nimmt man endlich an, es sey in unserer Figur (33) z. B. io der Radius Vector für die Drehung $n - 1$, und mo derjenige für die Drehung n: so wird sich, weil in unserer fraglichen Gittercurve die Zunahmen der Vectoren für gleiche Drehung offenbar dem *Abstande der Curve von ihrem Pole*, d. h. den *Vectoren selbst* proportional seyn müssen,

$$km : gh = io : fo$$

verhalten müssen — (während für die gemeine Spirale $kl = gh$ wäre), — oder, was dasselbe ist:

$$km : io = gh : fo,$$

also auch

$$mo : io = ho : fo,$$

oder

$$r_n : r_{n-1} = r_1 : r_0,$$

wenn man die oben gewählten Bezeichnungen anwendet. Daraus ergiebt sich als allgemeines Gesetz:

$$r_n = r_{n-1} \cdot \frac{r_1}{r_0},$$

oder, da $r_0 = a$ $(= fo)$ und $r_1 = a + \varepsilon$ $(= ho)$ ist:

$$r_n = r_{n-1} \cdot \frac{a+\varepsilon}{a}.$$

Hieraus folgt z. B.

$$r_2 = r_1 \cdot \frac{a+\varepsilon}{a} = \frac{(a+\varepsilon)^2}{a}$$

$$r_3 = r_2 \cdot \frac{a+\varepsilon}{a} = \frac{(a+\varepsilon)^3}{a^2}$$

$$r_4 = r_3 \cdot \frac{a+\varepsilon}{a} = \frac{(a+\varepsilon)^4}{a^3} \quad \text{u. s. w.}$$

also allgemein

$$r_n = r_{n-1} \cdot \frac{a+\varepsilon}{a} = \frac{(a+\varepsilon)^n}{a^{n-1}} = a \cdot \left(\frac{a+\varepsilon}{a}\right)^n.$$

Bezeichnen wir also die Gröfse des Drehungswinkels (nach der erwähnten Einheit gemessen) allgemein mit w, so ergiebt sich als die gesuchte Polargleichung der fraglichen Gittercurve für einen constanten Reflexionston:

$$\text{XVIII.} \quad r = a \cdot \left(\frac{a+\varepsilon}{a}\right)^w$$

oder, wenn man lieber will

$$\text{XIX.} \quad r = a \cdot \left(1 + \frac{\varepsilon}{a}\right)^w.$$

Wir ersehen aus dieser Formel, dafs die besprochene Curve zu den sogenannten *Exponentialspiralen* gehört [1]. Für $w = o$ wird $r = a$. wie diefs auch seyn mufs. Ebenso wird für $\varepsilon = o$, $r = a$, *unabhängig* von w, d. h. die Curve wird ein *Kreis*, wie diefs gleichfalls zu erwarten war; (die

1) Wollte man z. B. (in Fig. 33, Taf. VI) *hf senkrecht* auf *fo* machen, so würde für diesen speciellen Fall $a + \varepsilon = \sqrt{a^2 + 1}$, folglich $(a+\varepsilon)^w = \sqrt{(a^2+1)^w}$ werden, und obige Gleichung sich so gestalten:

$$r = \frac{\sqrt{(a^2+1)^w}}{a^{w-1}},$$

wodurch dann die Wellenlänge des zugehörigen Tones $(2\varepsilon) = 2(\sqrt{a^2+1} - a)$, so annäherungsweise $= \frac{1}{a}$ würde, wenn nämlich a gegen den Abstand zweier benachbarten Gitterstäbe hinlänglich grofs genommen wird (§. 15).

sämmtlichen reflectirten Stöfse werden *gleichzeitig* vernommen und bilden ein einfaches Echo des einfachen Knalls).

Ferner ergiebt sich sofort aus dieser Gleichung, dafs für reelle und positive endliche Werthe von a und ε der Radius r *nie* $= 0$ *werden* kann, d. h. dafs die Curve, rückwärts verlängert, nicht durch ihren Pol geht, sondern demselben in immer engeren Windungen stets näher und näher kommt, ohne ihn je zu erreichen, so wie auch, dafs sie sich nach aufsen hin in immer *weiteren* Windungen von ihm entfernt, dafs also r alle möglichen Werthe zwischen 0 und $+\infty$ annehmen kann und demnach kein (endliches) Maximum oder Minimum hat, u. s. w.

Die oben angegebene *Construction* der Curve würde die experimentelle Nachweisung unserer Theorie der besprochenen Töne ohne besondere Schwierigkeit ermöglichen. Man brauchte zu dem Ende nur die fragliche Curve in hinlänglich grofsem Maafsstabe auf einem ebenen Felde abzustecken und dazu 500 bis 1000 in gleicher Entfernung von einander stehende Pfähle zu verwenden. Die technische Ausführung würde keinen unüberwindlichen Hindernissen unterliegen, und man hätte so einen Apparat, um einen beliebigen einfachen Schall oder Knall in einen *musikalischen Ton von bestimmter Höhe* umzuwandeln. Wollte man dabei die Gittercurve von ihrem Anfangspunkte aus in *beiden Richtungen* (rechts und links herum) construiren, so würde diefs die Stärke des (der Natur der Sache nach schwachen) Tones ohne Zweifel verdoppeln. Es würde dadurch das Gitter ungefähr die Gestalt der Fig. 34 Taf. VI annehmen.

§. 32. In Bezug auf den ursprünglich beobachteten durch das *geradlinige* Gitter entstehenden Reflexionston und dessen eigenthümliches Sinken stellte ich mir noch die Frage, ob man diesen Ton in seiner charakteristischen Gestalt nicht durch irgend eine möglichst einfache *Vorrichtung nachahmen*, ihn also z. B. auch da, wo man gerade kein solches Gitter in der Nähe hat, etwa in den beschränkten Räumen eines physikalischen Hörsaals dem Auditorium zur Anschauung

bringen könne. Am Besten, schien es mir, würde sich zur Anfertigung eines solchen Apparates eine gewisse Sorte Baumwollenstoff eignen, dessen man sich bei uns in letzter Zeit unter dem Namen »Cambric« häufig zum Einbinden der Bücher bedient, und der in mannichfachen Dessins erhaben geprefst vorkommt. Man hat nämlich darunter eine Sorte, bei welcher die Pressung einfach in dichten, *parallelen geraden Linien* besteht, so dafs der Stoff, auf Pappe oder Holz aufgezogen, eine fein gefurchte Fläche bildet. Zieht man über diese Fläche eine andere, mit demselben Stoffe bezogene (z. B. die Decke eines ebenso eingebundenen Buches) ziemlich rasch und mit mäfsigem Drucke weg, so zwar, dafs die Richtung der Bewegung auf der der geprefsten Streifen ziemlich senkrecht steht, so vernimmt man einen deutlichen *hohen Ton*, dessen Höhe mit veränderter Schnelligkeit der Bewegung zu- und abnimmt. Fast noch deutlicher bringt man diesen Ton hervor, wenn man über die beschriebene gefurchte Fläche die Spitze eines zweckmäfsig zugeschnittenen Federkiels (etwa eines Zahnstochers) in fast senkrechter Richtung hinwegzieht, und auch hier hat man die Höhe des Tones ganz in seiner Gewalt, je nachdem man die betreffende Bewegung der Hand schneller oder langsamer macht [1]).

1) Es ist diefs ein Versuch, der, beiläufig bemerkt, sehr geeignet seyn dürfte, als *Fundamentalversuch* über die Entstehung der Töne überhaupt und über den Zusammenhang der Tonhöhe mit der Schwingungsgeschwindigkeit zu dienen, und der bei der Einfachheit und Leichtigkeit seiner Anstellung z. B. beim *Schulunterrichte*, namentlich in Anstalten, denen keine bedeutenden Mittel für Apparate zu Gebote stehen, geradezu die *Savart'schen Zahnräder* und ähnliche Vorrichtungen vollständig ersetzen könnte, so dafs er wohl verdiente, unter die von Frick, Crüger u. A. angestrebten Vereinfachungen physikalischer Experimente mit aufgenommen zu werden. — Wollte man z. B. den äufseren Rand einer runden Pappschachtel mit dem erwähnten Baumwollenstoffe überkleben und die Schachtel auf einfache Weise (mittelst Pfropfs und Stricknadel u. s. w.) mit einer Drehungsaxe versehen, so hätte man eine Vorrichtung, die ausreichen würde, Alles zu verdeutlichen, was man an den genannten kostspieligeren Apparaten zu veranschaulichen gewohnt ist. Ja man könnte, wenn man *mehrere* solche Schachteln von verschiedener Gröfse über eine

Aber auch die *Richtung* der Bewegung des Federkiels gegen die Richtung der geprefsten Streifen hat, wie vorauszusehen, einen Einflufs auf die Tonhöhe. Fährt man z. B. in einer beliebigen *krummen* Linie über eine solche gestreifte Fläche hin, so ist der Ton in demjenigen Augenblicke am *höchsten*, wo die Richtung der bewegten Federspitze die Streifen der Fläche *rechtwinklig* durchschneidet, und seine Höhe nimmt von da an *mit dem Winkel*, den beide Richtungen bilden, regelmäfsig ab. Nur wird, wie zu erwarten, bei einem *sehr kleinen* Winkel dieser Richtungen der Ton auch merklich unbestimmter und undeutlicher, und man kann annehmen, dafs dieser Winkel nicht wohl unter 30 bis 35° betragen darf, wenn noch ein scharf bestimmbarer Ton entstehen soll.

Um sich nun *ungefähr* eine Vorstellung von dem besprochenen Reflexionstone zu machen, könnte man z. B. die eine Scheibe einer gewöhnlichen Centrifugalmaschine auf ihrer unteren Fläche, und zwar an zwei diametral gegenüberstehenden Punkten des Randes derselben, mit einer kurzen, senkrecht abwärts gerichteten, elastischen Spitze (etwa einem zugespitzten Federkiel) versehen, dann *unter* die Scheibe eine andere, etwas gröfsere, *feststehende* Scheibe legen, die durch zwei auf einander rechtwinklige Durchmesser in ihre vier Quadranten getheilt wäre, (wie Fig. 35 Taf. VI andeutet); — zwei einander gegenüberliegende dieser Quadranten, z. B. A und D, müfsten unbedeckt bleiben, die zwei anderen aber, B und C, mit etwas dicker Pappe belegt, und diese auf ihrer Oberseite mit dem erwähnten gerippten Stoffe bezogen seyn, so zwar, dafs in beiden die Richtung der eingeprefsten Streifen einem und demselben Durchmesser mn parallel wäre. Die Federkielspitzen der oberen Scheibe müfsten gerade lang genug seyn, damit sie, bei Umdrehung der Letzteren, auf den etwas *erhöhten* Flächen B und C mit mäfsigem Drucke hinstreifen,

gemeinschaftliche Axe steckte, daran auf nahe liegende Weise sogar die Verhältnisse sämmtlicher *Intervalle* demonstriren, eine vollständige *Tonleiter* hervorbringen u. s. w.

die zwei *tiefer* liegenden Felder A und D aber nicht berühren. Würde dann die obere Scheibe mit mäfsiger und *möglichst gleichförmiger* Geschwindigkeit in der Richtung der beigefügten Pfeile umgedreht, so würden offenbar die beiden Federspitzen gleichzeitig die in der Figur angedeuteten (punktirten) Wege beschreiben, würden dabei die Furchen der Flächen B und C *anfangs* rechtwinklig, aber sofort unter stets *kleiner* werdenden Winkeln durchschneiden, und somit einen Ton von stets wachsender Wellenlänge hervorbringen, einen Ton, der also, wie unser Reflexionston, in fortwährendem *Sinken* begriffen ist.

Man mufs nun aber freilich zugestehen, dafs dieser Versuch, den fraglichen Ton nachzuahmen, bei seiner gewifs anzuerkennenden Einfachheit, doch nur ein sehr unvollkommenes Bild desselben liefern könnte, weil nämlich das *Gesetz* der Zunahme der Wellenlänge hier offenbar ein ganz anderes ist, als bei dem durch das Gitter hervorgebrachten Tone. Denn bei dem angedeuteten Versuche verhalten sich ja die Wellenlängen des Tones in jedem einzelnen Augenblicke seiner Dauer augenscheinlich wie die *trigonometrischen Secanten* der von dem Punkte m oder n aus zurückgelegten *Drehungswinkel*, und wachsen also (eine gleichförmige Drehung vorausgesetzt), während einer Viertelswendung, von einer *constanten* (d. h. nur von der Weite der Streifen und der Umdrehungsgeschwindigkeit abhängigen) Gröfse *bis* ∞, während die Wellenlängen des beschriebenen *Reflexionstones* (oder die Ordinaten der in §. 26 bis 29 untersuchten Toncurve) *von* 0 bis gegen eine *endliche Gränze* ($=2$) hin wachsen. Aufserdem ist die Zunahme der Wellenlänge in dem vorgeschlagenen Experimente (wie die der Secanten eines gleichmäfsig wachsenden Winkels) eine *beschleunigte*, während die der Wellenlänge des Reflexionstones, wie dessen Curve zeigt, eine stets geringer werdende, eine *verzögerte* Zunahme ist: d. h. die Toncurve in dem angedeuteten Versuche ist gegen ihre Abscissenaxe *convex*, die des Reflexionstones aber *concav*.

Man müfste demnach ohne Zweifel einen etwas compli-

cirteren Apparat construiren, um den Charakter des besprochenen Tones genauer nachzuahmen.

Denkt man sich z. B. geradezu die in Fig. 1 Taf. VII dargestellte *Toncurve selbst* um ihre Abcissenaxe gedreht, so wird sie einen Rotationskörper beschreiben, ein Konoïd, dessen auf der Drehungsaxe senkrechte Durchmesser die Ordinaten der Curve sind; — folglich werden auch die bei der Umdrehung von ihnen zurückgelegten *Kreisperipherien* diesen Ordinaten *proportional* seyn. Man verfertige daher einen solchen konischen Körper aus Metall oder hartem Holze, genau nach dem Muster der Curve in unserer Fig. 1 Taf. VII, versehe ihn mit einer über die Spitze (oder den Nullpunkt) verlängerten, dünnen, stählernen Umdrehungsaxe, füge ihn in ein Gestell in senkrechter Lage (drehbar) so ein, dafs der erwähnte Nullpunkt oben ist, befestige etwa $\frac{1}{2}''$ von seinem unteren (dickeren) Ende mittelst eines kurzen Stiftes einen feinen, aber starken, gleichmäfsig dicken Bindfaden, und lege diesen in dicht aneinanderschliefsenden Spiralwindungen von unten nach oben um das Konoïd bis zu seiner Spitze oder seinem Nullpunkte herum, so dafs die letzte Windung die dünne stählerne Axe selbst umschliefst, (wobei das Herabgleiten des Bindfadens von der oberen, stark gewölbten Fläche auf die stählerne Axe vielleicht durch eine, das Konoïd halb umfassende, mantelartige Bedeckung von Holz oder Blech verhindert werden könnte). Das andere, noch freie Ende der Schnur befestige man an die Peripherie einer, ein paar Fufs weit entfernt stehenden, gleichfalls um eine verticale Axe drehbaren Scheibe oder Rolle, so dafs, wenn Letztere (mit der Hand, oder freilich besser — durch ein kleines Uhrwerk) möglichst gleichmäfsig umgedreht wird, der Faden sich um die Scheibe legt, sich folglich von dem genannten Konoïde abwickelt und dasselbe gleichfalls in Umdrehung versetzt. Es ist nun leicht einzusehen, dafs, während die Scheibe in gleichförmiger Bewegung begriffen ist, die Drehung des Konoïdes eine *ungleichförmige*, und dafs ins Besondere seine Drehungsgeschwindigkeit

den von dem sich abwickelnden Faden zurückgelegten Kreisperipherien (eigentlich Spiralwindungen) — folglich auch deren Durchmessern, d. h. also den *Ordinaten unserer Toncurve* — umgekehrt proportional seyn wird.

Befestigt man daher an das unterste Ende des Konoïdes, in einem beliebigen Punkte seiner Peripherie, eine wagrecht abstehende Federkielspitze, (die man der Bequemlichkeit halber, um sie nach oben umlegen zu können, um ein kleines Scharnier in senkrechter Ebene drehbar machen kann, und) die gerade so lang ist, dafs sie beim Umdrehen des Konoïdes einen, das untere Ende des Letzteren etwa einen Zoll hoch concentrisch umgebenden, aber feststehenden *Ring* auf seiner *inneren Fläche streift:* so wird jene Spitze, wenn die innere Fläche dieses Rings in verticaler Richtung gleichmäfsig gestreift oder gefurcht ist, ohne Zweifel *einen Ton hervorbringen*, dessen Höhe sich nach der Umdrehungsgeschwindigkeit des Konoïdes richtet. Es wird nämlich offenbar die Schwingungsdauer oder Wellenlänge dieses Tones der genannten *Umdrehungsgeschwindigkeit verkehrt proportional* seyn; — und da diese Letztere selbst, wie oben gezeigt worden, den *Ordinaten unserer Curve* (deren Rotationsfläche ja das Kanoïd ist), umgekehrt proportional seyn wird, so ergiebt sich sofort, dafs die Wellenlängen des entstehenden Tones, bei gleichmäfsiger Drehung der Scheibe, sich *direct verhalten werden*, wie die Ordinaten jener Curve, — d. h., *wie* die Wellenlängen des durch die Gitterstäbe des Brückengeländers hervorgerufenen Tones.

(Die gröfsere oder geringere Genauigkeit der Uebereinstimmung beider Töne könnte, bei exacter Construction des Apparates, wieder umgekehrt der aufgestellten Theorie zur Controle dienen. — Der wagrechte *Ring*, an dessen innerer Seite die Feder hinstreift, könnte vielleicht, zur Verstärkung des Tones, den Rand eines in einem flachen Resonanzkasten befindlichen runden Schalloches bilden etc.)

Ich mufs freilich bekennen, dafs mich auch diese Vor-

richtung noch nicht ganz befriedigt (weshalb ich sie auch noch nicht habe anfertigen lassen); nicht etwa deshalb, weil ich an der Richtigkeit ihrer Construction oder am Erfolge des Versuches zweifelte, sondern weil sie mir nicht *einfach* genug ist, und *namentlich*, weil sie, um mich so auszudrücken, nicht eine *organische* Construction des fraglichen Tones liefert, d. h. weil sie nicht dessen *Entstehungsgeschichte* Schritt für Schritt nachahmt, sondern im Gegentheil durch die Form des beschriebenen Konoïdes den zu erzeugenden Ton, so zu sagen, *mathematisch fix und fertig*, gleichsam verkörpert, in den Apparat hineinbringt. Doch will es mir im Augenblicke nicht gelingen, eine andere Vorrichtung zu ersinnen, die der angedeuteten Forderung vollständiger entspräche. Vielleicht ist einer meiner Leser glücklicher. (Es müfste offenbar eine Vorrichtung seyn, bei welcher sich, falls der Ton durch eine Umdrehung erzeugt werden soll, die Wellenlängen desselben wie die *Differenzen der Secanten* der zurückgelegten Drehungswinkel für gleichmäfsige Zunahmen der *Tangenten* dieser Winkel verhielten etc.)

§. 33. Es würde nun endlich noch die Frage nahe liegen, ob die besprochene Umwandlung eines einfachen Schalls in dergleichen »Reflexionstöne« nicht auch auf *anderem Wege*, als durch die Stäbe eines Gitters geschehen könne. Hierüber nur noch eine kurze Andeutung.

In der nächsten Umgebung der Stadt Mailand, kaum ein Viertelstündchen von dem äufseren Boulevard entfernt, liegt mitten zwischen den mit Maulbeerplantagen gesäumten Wiesen ein unscheinbares, altes Landhaus, bekannt unter dem Namen der *Simonetta* und berühmt wegen eines mehrfachen Echo's. Das Gebäude ist in ganz einfachem Style aufgeführt, mit geraden, schmucklosen Wänden, und besteht aus drei gleich hohen Flügeln *A*, *B* und *C*, die nach der in Fig. 36 Taf. VI angedeuteten Weise einen nicht sehr grofsen rechtwinkligen Hof *H* umgeben. Der Cicerone führt den Besucher an ein auf diesen Hof gehendes, im zweiten Stocke des Flügels *A* ungefähr in der Gegend *x* be-

findliches offenes Fenster, und feuert durch dasselbe eine Pistole ab, deren Knall durch wiederholten Reflex an den gegenüberliegenden Wänden *mn* und *rs* ein angeblich 54faches Echo weckt; obwohl der Verfasser dieser Zeilen mit aller Mühe nur 44 bis 45 einzelne Schläge zählen konnte, deren letzte schon so überaus schwach waren, dafs sie das Ohr kaum noch vernahm. (In stiller Nacht mögen indessen wohl noch einige mehr hörbar werden). Die *Schnelligkeit*, mit welcher sich die einzelnen Echo's einander folgen, ist dabei (in Folge der geringen Dimensionen des Hofes) so grofs, dafs sie das Zählen, namentlich beim ersten Versuche, dem unvorbereiteten und durch sie überraschten Hörer merklich erschwert. Dafs, wie der Cicerone dazu bemerkt, nur das einzige Fenster *x* von den vielen, die nach dem Hofe gehen, die fragliche wunderbare Eigenschaft habe, (wenn es auch dieselbe vielleicht aus zufälligen Ursachen am Vortheilhaftesten zeigen mag), ist an sich ebenso schwer zu glauben, wie die weiter hinzugefügte Bemerkung, dafs die mehrfach versuchte *Nachahmung* dieses akustischen Curiosums stets mifslungen sey; (so namentlich durch einen »Engländer«, der, nachdem er alle Dimensionen der Simonetta sorgfältig aufgenommen und in seiner Heimath ein völlig gleiches Gebäude, — aber ohne alle Spur eines Echos — hergestellt, sich selbst den Tod gegeben habe etc.); — obwohl es andererseits in der That etwas Auffallendes hat, dafs bei dem häufigen Vorkommen solcher viereckigen Höfe die Erscheinung nicht öfter beobachtet wird.

Bedenkt man nun, dafs sich schon in dem beschriebenen Falle die einzelnen Stöfse oder Echo's so rasch folgen, dafs das Ohr sie kaum noch als einzelne unterscheidet, und dafs sie ohne Zweifel, bei noch geringerer Entfernung der parallelen Wände *mn* und *rs*, sich noch näher rücken müssen: so wäre es vielleicht nicht unmöglich, dafs unter geeigneten Umständen auch diese Stöfse, sobald deren z. B. mehr als 20 oder 30 in eine Sekunde fielen, von dem Ohre des Hörers als ein *zusammenhängender Wellen-*

zug, d. h. als ein *Ton* von bestimmter (und hier ohne Zweifel *constanter*) musikalischer Höhe empfunden würden. Weitere Versuche hierüber anzustellen, hatte ich noch keine Gelegenheit. Nur erinnere ich mich der zufällig gemachten Beobachtung, dafs in einem von Möbeln und sonstigen Hemmnissen regelmäfsiger Schallverbreitung ziemlich leeren, dabei langen und schmalen Gemache, dessen Fufsboden aus Steinplatten bestand, ein einfacher, heftiger Schlag der *Hände gegeneinander* durch Reflex an den Wänden eine Art von *schmetterndem Tone* hervorrief, der jedoch überaus rasch verklang und über dessen *Höhe* etc. ich damals keine weiteren Beobachtungen anstellte.

§. 34. Schliefslich könnte man bei dem von uns besprochenen Phänomene, — wie bei allen akustischen Erscheinungen —, nach dem *optischen Analogon* desselben fragen, d. h. man könnte die Frage aufwerfen, ob nicht wie hier der einfache Schall in einen Ton von bestimmter Wellenlänge, so auch ein einfacher *Lichtblitz* von unendlich geringer Dauer (etwa ein elektrischer Funke) durch Reflexion in einen *Lichtton*, d. i. in eine bestimmte *Farbe* umgewandelt werden könne. Ja man könnte sogar geneigt seyn, die Entstehung der durch Reflexion erscheinenden, objectiven *Farbe überhaupt* durch eine *ähnliche*, gleichsam gefurchte oder gitterartige Structur der Oberflächen farbiger Körper zu erklären, welche Structur dann gleichsam *jede einzelne* Welle des die Fläche treffenden, beliebig gefärbten, oder aus beliebigen Farben zusammengesetzten Lichtstromes in ein *regelmäfsiges Wellensystem* von bestimmter (durch jene Structur bedingter) Wellenlänge umwandelte und dadurch dem betreffenden Körper seine eigenthümliche Farbe ertheilte. Es wären dann in gewissem Sinne alle objectiven Farben *Interferenzfarben*.

Doch mufs man zugestehen, dafs diese Analogie bei näherer Betrachtung Manches gegen sich hat. Denn erstlich bietet der Umstand, dafs nach allgemeiner, durch die übrigen optischen Erscheinungen wohl begründeter Auffassung, die Schwingungsrichtung der Lichtwellen auf der

Richtung des Strahls *senkrecht* steht, während beim Schalle beide Richtungen zusammenfallen, — eine sehr zu beachtende Incongruenz der beiden fraglichen Fälle, und dann bildet auch die bekannte *Dauer des Lichtreizes* im Auge, welche die Länge selbst der gröfsten noch in den Bereich der Sichtbarkeit fallenden Aetherwellen (der rothen) vielfach übersteigt, ein neues, sehr wesentliches Moment der Verschiedenheit zwischen optischen und akustischen Phänomenen, welches die genauere Verfolgung jener Parallele nicht minder erschwert. Es möge daher genügen, die betreffende Frage hier angeregt zu haben.

VI. *Abgeänderte Art der chemischen Harmonika; von R. Böttger.*

Füllt man ein gewöhnliches, etwa 12 bis 18 Kubikzoll Wasser fassendes Arzeneyglas mit nicht zu enger Mündung mit Wasser, leitet dann so lange gewöhnliches, aus käuflichem Zink und Salzsäure bereitetes Wasserstoffgas in das Glas, bis dieses zu $\frac{3}{4}$ damit gefüllt ist, und läfst hierauf das im Glase befindliche Wasser vollends auslaufen, so dafs folglich zu den 3 Raumtheilen Wasserstoffgas im Glase noch 1 Raumtheil atmosphärische Luft hinzutreten kann, nähert hierauf das offene Glas, schwach geneigt mit seiner Oeffnung nach unten, einer Weingeistflamme, so entzündet sich an der Mündung des Glases das Luftgemeng ganz ruhig, ohne Explosion, unter gleichzeitigem Auftreten eines ungemein reinen, lauten, einige Minuten anhaltenden Tones. Hat dieser an Intensität nachgelassen oder ganz aufgehört, so läfst sich derselbe leicht wieder von neuem dadurch hervorrufen, dafs man mit dem Munde etwas Luft in das Glas bläfst. Stellt man diesen interessanten Versuch in einem völlig verfinsterten Zimmer an, so bemerkt man deutlich, dafs das kleine kaum sichtbare leckende Flämmchen, statt nach aufsen, nach dem Innern des Glases gewandt ist und seinen Sitz an der inneren Basis der Glasmündüng hat (Jahresbericht d. phys. Vereins in Frankfurt a. M. 1853 bis 1854 S. 18).

VII. *Ueber elektromagnetische Spiralenanziehung; von Dr. J. Dub.*

Die Ansichten über die Anwendbarkeit des Elektromagnetismus als bewegende Kraft weichen in der neusten Zeit in den extremsten Richtungen von einander ab. Während einerseits die theoretischen Betrachtungen Jacobi's [1]) ihn dazu führen, *dafs nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse der Magnetismus und die Elektricität wenig Aussicht haben als bewegende Kräfte in der Industrie angewandt zu werden;* behauptet Page eine elektrische Combination erfunden zu haben, welche mit Nutzen angewandt werde, und deren Kosten nicht die der theuersten Dampfmaschinen übertreffe.

Bekanntlich wendet Page als bewegende Kraft einen Eisenstab an, welcher in eine Spirale mittelst des galvanischen Stromes hineingezogen wird.

Jacobi sagt in seiner Untersuchung, es sey ein günstiger Erfolg nur auf die Weise zu erreichen, dafs der in seinen Formeln vorkommende Werth des Bruches $\frac{k}{\varkappa}$ möglichst grofs gemacht wird. D. h. es sey einerseits eine neue Säule zu erfinden, deren elektromotorische Kraft die der Grove'schen Säule weit übertrifft, was das k des Zählers bedeutet, andererseits sey es durchaus nicht unmöglich, dafs einmal eine elektromagnetische Maschine erfunden wird, in welcher die Gröfse $\varkappa$ des Nenners klein genug ist, um dem Bruche einen gröfseren Werth zu geben. Unter $\varkappa$ wird der unbekannte Einflufs der Qualität der weichen Eisenkerne, ihrer Dimensionen und allgemein des Systems, nach welchem die Maschine construirt ist, auf den Gegenstrom verstanden.

1) *Bulletin de la Classe physico-mathématique de l'Academie de St. Petersbourg, tome IX, p.* 289, *gelesen* 15. *Nov.* 1850.

Das System, nach welchem die Maschine von Page construirt ist, war allerdings abweichend von den früheren, allein es war nicht einzusehen, dafs dadurch der von Jakobi $\varkappa$ genannte Factor verändert würde. Nach den Angaben jedoch, welche Page über die erhaltenen Resultate, wenngleich in sehr unbestimmter Weise, machte, liefs sich erwarten, dafs eine Maschine von günstigem Erfolge gekrönt werden würde, bei der dieselbe von Page angewandte Spirale mittelst vortheilhafterer Combination des weichen Eisens in ihrer Maximumswirkung, auf den dreifachen Effect gesteigert würde.

Eine Besprechung nämlich über die Maschine von Page mit meinem Freunde, dem Dr. d'Heureuse, führte uns zu der Einsicht, dafs bei allen uns bekannten Wirkungen der galvanischen Spirale auf Eisenstäbe stets die Wirkung jener nach aufsen hin unbenutzt bliebe, und dafs eine viel gröfsere Anziehung erzielt werden müsse, wenn man im Stande wäre Eisenmassen so mit der Spirale in Verbindung zu bringen, dafs die von jeder einzelnen Windung radial ausgehende elektrische Wirkung überall auf Eisentheile träfe, welche sie im geeigneten Sinne magnetisirte. In Folge dieser Betrachtungen kamen wir noch bevor Romershausen seine neue Construction von Elektromagneten veröffentlichte, auf folgendes elektromagnetisches System.

Wir prüften vor allen Dingen die Kraft mit der weiche Eisenstäbe in eine Spirale hineingezogen wurden. Eine Untersuchung, welche ich darüber anstellte, ergab im Allgemeinen die Gesetze, welche die gleichzeitig gemachten Beobachtungen Hankels darüber veröffentlichten. Nun war aber klar, dafs die Wirkung gröfser seyn müsse, wenn ich anstatt eines Stabes, ein Hufeisen nähme, weil dadurch der andere Pol durch die Aufsenwirkung der Spirale magnetisirt und angezogen wird. Die Wirkung mufs sich also noch vergröfsern, wenn man anstatt *eines* Hufeisens ein Bündel derselben nähme, und sie so ordnete, dafs sie alle radial um eine Axe ständen und mithin die eine Hälfte der Schenkel *einen* Stab bildete, welcher von der Spirale

umgeben ist, während die andere Hälfte der Schenkel die Spirale von aufsen umgab. Eine solche Combination wurde gar nicht geprüft, sondern es wurde folgender Magnet construirt. Ein Cylinder von $\frac{1}{4}$" dickem Eisenblech, 4" weit und 6" hoch hatte auf der einen Seite einen Boden von derselben Stärke, so dafs also das Ganze einen Becher darstellt. Der Boden hat in der Mitte ein Loch, durch welches mittelst einer Schraube ein massiver Eisencylinder von 1" Dicke und 6" Länge festgehalten wurde. Das Ganze hat also die Form einer Blumenglocke, in deren Mitte der Stempel steht. In diese Glocke hinein liefs ich nun eine Spirale von 160 Windungen Kupferdraht ziehen, deren innere Weite $1\frac{1}{4}$" und deren äufsere $3\frac{1}{2}$" Durchmesser hatte. Ich erhielt das erfreuliche Resultat, dafs diese Combination die Spirale gerade mit dreifacher Kraft von der anzog, mit der sie der einfache 6" lange 1" dicke Eisencylinder angezogen hatte Dabei bemerkte ich, dafs der Magnetismus in der äufseren Glocke nur gering, dagegen der in dem inneren Kern so grofs war, dafs ich mittelst einen $\frac{1}{2}$" dicken 6zölligen Stabes, den ich auf den Kern setzte, das ganze System mit der Glocke in die Höhe heben konnte. Der Grund davon ist ohne Zweifel der, dafs bei der Glocke der Magnetismus auf den 13" langen Umfang derselben vertheilt ist, während er sich in dem Kerne concentrirt.

Die frühere Erfahrung, dafs ein hohler Eisencylinder, auf den eine galvanische Spirale *innerhalb* wirkt, wenig oder keinen Magnetismus zeigt, scheint dieser hier gemachten Beobachtung zu widersprechen; allein es scheint auch nur so. Bei einem hohlen Eisencylinder hat eine Spirale innerhalb desselben deshalb keine Wirkung, weil die magnetisirende Kraft der einen Seite der Windungen durch die Wirkung der anderen Seite des gegenüberstehenden Theiles der Spirale aufgehoben wird. Jeder einzelne Punkt des Eisens wird durch die Aufsenwirkung der Windungen, welche dicht an ihm vorbei gehen, und durch die Innenwirkung der Windungen auf der ihm gegenüberstehenden Seite der

Spirale gleichzeitig in entgegengesetztem Sinne magnetisirt und bleibt also unmagnetisch. Bringt man nun aber in diese so wirksame Spirale noch weiches Eisen, so hebt man dadurch die Innenwirkung der Spirale auf die Wände des hohlen Cylinders auf und sämmtliche, von der Drahtwindung ausgehenden Strahlen der magnetisirenden Kraft treffen auf andere Eisentheile; die innerhalb der Spirale liegenden Eisenmolecule werden in entgegengesetztem Sinne wie die aufserhalb magnetisch; man hat mit einem Wort ein Hufeisen, dessen beide Schenkel durch eine und dieselbe Spirale magnetisirt werden und dessen einer Schenkel den anderen umschliefst. Legt nun Romershausen bei seiner Construction [1]) einen Anker über das Ganze, d. h. den äufseren und inneren Kern, so hat er weiter nichts gethan, als einen Anker auf beide Polflächen eines Hufeisens gelegt. Es ist aber bekannt, wie viel mehr ein Hufeisen gegen einen in gleicher Weise bewickelten Stabmagneten zieht.

Bei jenem ersten Versuche waren nun die Verhältnisse folgende.

Der in der Glocke befindliche 1" dicke Eisenkern war mit 156 Windungen seiner ganzen Länge nach umgeben, während die hineinzuziehende Spirale 160 Windungen hatte. Ich leitete denselben Strom durch beide Spiralen nach einander und erhielt

		Ohne Glocke.	Mit Glocke.
1.	Strom 45°	65 Gr.	190 Gr.
2.	Strom 22°	21 »	62 »

Es zeigte sich also bei verschiedenen Strömen dasselbe Verhältnifs zwischen der Anziehung des einfachen Kerns und des mit der genannten Glocke armirten.

Nach diesem Experiment drängten sich viele Fragen auf, deren Erledigung zum Theil in den folgenden Untersuchungen erstrebt wurde.

Da die gröfsere Masse des erregten Eisens immer gröfsere Anziehung bewirkt, so war die Frage, welchen Einflufs eine stärkere Glocke bei demselben Kern üben würde.

1) Dingler's polyt. Journal, Bd. 120, S. 359.

Um diefs zu prüfen, wurden noch zwei Glocken von derselben Form wie die erste aber von verschiedener Stärke angefertigt, die eine aus gewöhnlichem Eisenblech (also vielleicht $\frac{1}{4}'''$ dick), die andere $\frac{1}{4}''$ dick. Die stärkere Glocke zeigte wenig mehr Anziehung, wogegen die ganz schwache $\frac{1}{3}$ weniger ergab. Während nämlich die beiden starken Glocken bei einem Strome von $33\frac{1}{2}{}^{0}$ die Spirale mit einer Kraft von 90 Gr. hielten, zog die dünne Glocke nur 60 Gr. Die Erscheinung findet einfach ihre Erklärung darin, dafs einem Kern von bestimmter Dicke eine Glocke entspricht, welche das Maximum der Anziehung giebt; da diefs schon bei der zuerst angewandten fast erreicht war, so verstärkte die dickere Glocke nicht merklich mehr die Wirkung, die dünnere dagegen hatte nicht Eisenmasse genug.

Eine andere Frage war die, in welchem Verhältnifs die Anziehung der Glocke zu der eines Hufeisens stehe, wenn die Spirale auf einen Schenkel desselben hinaufgezogen, und wenn ferner ein doppeltes Hufeisen angewandt würde, d. h. wenn auf einem gemeinsamen Querstück 3 Schenkel aufgestellt wären, so dafs das Hufeisen die Form einer dreizinkigen Gabel erhielt und die Spirale auf den mittleren Kern hinaufgezogen wurde.

Ich variirte bei diesen Versuchen auch mit der Dicke der Schenkel und erhielt folgende Resultate. Die Versuche sind zusammengestellt mit einigen mit 12zölligen Hufeisen und einer 12zölligen Glocke.

	Länge der Schenkel:	6″.	12″.
3.	Einfacher Kern 6″ lang, $\frac{3}{4}''$ dick . . .	16 Gr.	20 Gr.
4.	» » 6″ » 1″ » . . .	20 »	24 »
5.	» » 6″ » $1\frac{1}{2}''$ » . . .	29 »	34 »
6.	Einfaches Hufeisen, Schenkellänge 6″, dick 1″, Entf. d. Schenkel $2\frac{1}{2}''$ . . .	33 »	50 »
7.	Doppeltes Hufeisen	33 »	57 »
8.	Glocke mit 1zölligem Kern	48 »	53 »
9.	Um den einen Schenkel des Hufeisens, auf den die Spirale hinaufgezogen		

	wurde, der ein 1" dick war, eine Spirale, der andere Schenkel 2" dick	34 Gr.	50 Gr.
10.	Doppeltes Hufeisen, sonst wie das vorige	46 »	
11.	Doppeltes Hufeisen, Schenkel in der Spirale $1\frac{1}{2}$" dick, äufsere 1"	58 »	
12.	Hufeisen einfach: innerer Schenkel $1\frac{1}{2}$", äufserer 2"	50 »	
13.	Hufeisen doppelt: innerer Schenkel $1\frac{1}{2}$", äufserer 2"	62 »	78 »
14.	Glocke mit $1\frac{1}{2}$ dickem Kern	69 »	79 »
15.	Glocke mit $\frac{3}{4}$ » »	35 »	40 »

In Bezug auf die Entfernung der Schenkel wurden noch folgende Versuche angestellt.

		Länge der Schenkel: 6".	12".
16.	Hufeisen: Entfernung der Schenkel $2\frac{1}{8}$"	59 Gr.	66 Gr.
17.	» » » » $1\frac{1}{2}$"	63 »	68 »
18.	» » » » 1"	67 »	68 »

Diese Versuche zeigen:

1. *Bei sonst gleichen Dimensionen wirkt eine um den anziehenden Kern befindliche Glocke mehr als jede andere Zusammenstellung.*

2. *Die Anziehung wächst auch bei der Glocke mit der Stärke des Eisenkerns.*

Einige andere Versuche zeigen, dafs mit der Zunahme des Kerndurchmessers nicht allein die Anziehung wächst sondern auch das Verhältnifs zwischen der Wirkung des einfachen Kerns und derjenigen mit der Glocke um so gröfser wird, je dicker der Kern ist.

Anziehung einer Spirale von 160 Windungen auf 6" lange Eisenkerne bei einer Stromstärke von 33° Ablenkung an der Tangentenbussole.

	Durchmesser des Magneten.	Einfacher Kern.	Mit Glocke.
19.	$\frac{11}{16}$"	$26\frac{1}{2}$ Gr.	55 Gr.
20.	$\frac{16}{16}$"	33 »	74 »
21.	$\frac{24}{16}$"	52 »	123 »

Bei diesen Versuchen war der Kern nicht noch besonders mit einer magnetisirenden Spirale umgeben. Wir ersehen aus denselben, dafs

3. *Die Anziehung wächst, je näher das anziehende Eisen sich an der Spirale befindet.*

Versuche mit Glocken von verschiedener Weite ergaben dasselbe Resultat, dessen Grund einfach darin gesucht werden mufs, dafs, je weiter das zu magnetisirende Eisen von der Spirale entfernt ist, um so mehr von deren Seitenwirkung verloren geht. Spätere Versuche werden diefs noch klarer darthun.

In Bezug auf die Länge der Systeme geht aus den Versuchen hervor, dafs die 12zölligen Schenkel mit und ohne Glocke nicht im Entferntesten ein Verhältnifs der Anziehung zeigen, welches der Länge im Vergleich mit den 6zölligen entspräche. Der Grund hiervon liegt ohne Zweifel darin, dafs die Wirksamkeit der an dem einen Ende des Stabes befindlichen Spirale sich nicht gleichmäfsig über die ganze Länge des Stabes verbreiten kann. Ich beobachtete, dafs die Zunahme um so geringer war, je längere Stäbe angewandt wurden.

Alle jene Messungen wurden so veranstaltet, dafs die Anziehung in *der* Stellung der Spirale geprüft wurde, wo sich das Maximum zeigte. Der Kern reichte dabei bis auf $\frac{3}{4}$ der Höhe der Spirale in dieselbe hinein.

Waren nun die Angaben von Page über die von ihm construirte Maschine zuverlässig, so mufste daraus folgen, dafs eine Maschine, nach dem oben angegebenen Systeme mit der Glocke construirt, welche bei ganz gleichem Verbrauch mit der Page'schen Construction so viel gröfsere Kraft äufsert, von entschieden praktischer Anwendbarkeit sey.

Um die Wirksamkeit der oben genannten Elektromagnete mit den Glocken zu prüfen, liefs ich vereint mit d'Heureuse 2 Magnete der erforderlichen Art und die dazu nöthigen Spiralen anfertigen, in den Dimensionen, wie sie

Page angewandt hatte. Die Eisenkerne waren 3 Fuſs lang und hatten 1", 2", 4" und 6" Durchmesser.

Vor Allem war es nöthig die Ueberzeugung zu erlangen, daſs der Magnetismus auch in demselben Verhältniſs bei so groſsen Dimensionen wachse, als ich es bisher bei den geprüften Stäben gefunden, welche den Durchmesser von 2" und die Länge von 1 Fuſs nicht überstiegen hatten.

Diese Prüfung wurde auf die zweifache Art unternommen wie ich sie mit den dünnen Stäben ausgeführt hatte. Es wurde einmal die Ablenkung geprüft, welche die magnetisirten Stäbe auf eine Magnetnadel übten und andererseits wurde die Kraft untersucht, mit der diese starken Stäbe eine verhältniſsmäſsige Spirale anzogen.

1. Der freie Magnetismus.

Die Messung mit der Magnetnadel wurde in folgender Weise angestellt. Der Draht der Spirale war auf einer 6" weiten Hülse aufgewickelt; sie hatte 610 Windungen und lag genau von Westen nach Osten, so daſs ihre Längsaxe senkrecht auf der 30 Fuſs davon entfernten Nadel der Tangentenbussole stand. In der Verlängerung der Spiralaxe stand 6 Fuſs entfernt die Bussole, deren Nadelablenkung gemessen wurde. Es ergaben sich unter solchen Verhältnissen bei einem Strome von 20° folgende Intensitäten des freien Magnetismus der in die Spirale eingeführten Eisenkerne.

Ablenkung der Magnetnadel durch 3 Fuſs lange Magnete.

Durchmesser d. Magnete.	$\text{tg}\, b$	$\text{tg}\, s$	$\text{tg}\, b - \text{tg}\, s$	$\sqrt{d}$	$\frac{\text{tg}\, b - \text{tg}\, s}{\sqrt{d}}$
1"	0,35424	0,3202	0,03404	1	0,03404
2"	0,36408		0,04388	1,414	0,03102
4"	0,3944		0,0742	2	0,0371
6"	0,4092		0,089	2,45	0,0363.

In dieser Tabelle bedeuten $\text{tg}\, b$ und $\text{tg}\, s$ das Mittel aus je zweien Versuchen, welche dadurch erhalten wurden, daſs die Magnete in beiden Richtungen magnetisirt wur-

den, um die, durch den in so grofsen Stäben leicht vorhandenen remanenten Magnetismus, möglichen Fehler zu eliminiren. Auch bei tg s hat die Zahl dieselbe Bedeutung, da die Spiralwindungen auf einer Hülse von Eisenblech aufgewickelt waren, welche ebenfalls remanenten Magnetismus enthielt.

Die Colonne mit $\sqrt{d}$ überschrieben giebt die Wurzeln der Durchmesser der angewandten Magnete an und endlich die letzte Reihe die Quotienten, welche erhalten werden, wenn man mit der Durchmesserwurzel in die Differenz zwischen Ablenkung durch die Spirale allein und die Ablenkung durch die Spirale mit eingeführten Kern dividirt.

Diese Zahlen der letzten Reihe sollen gleich seyn. Obschon diefs hier nicht stattfindet, so sind doch die Resultate befriedigend, wenn man bedenkt, dafs der 2″ dicke Kern aus härterem Eisen bestand und dafs bei den 4 und 6″ dicken der gröfsere Umfang der Polfläche von einigem Einflufs seyn und daher das Resultat etwas vergröfsern mufste.

Es ergaben also diese Untersuchungen in Uebereinstimmung mit den Stäben von geringerem Durchmesser: *»Der freie Magnetismus gleich langer massiver Eisencylinder verhält sich wie die Wurzeln der Durchmesser derselben.«*

2. Anziehung, welche eine Spirale auf massive Cylinder von weichem Eisen übt.

Nachdem die Wirkung des freien Magnetismus geprüft war, kam es darauf an zu untersuchen, in welchem Verhältnifs die Kraft bei der Anziehung einer Spirale zunehme. Die Spirale, welche angefertigt wurde, hatte 900 Windungen 2‴ dicken Kupferdrahts, war 242 Pfd. schwer, 9″ hoch und hatte 9″ inneren und 18″ äufseren Durchmesser, so dafs die Lagen des Kupferdrahts $4\frac{1}{2}$″ über einander sich befanden. In diese Spirale liefsen wir nun einen 4″ dicken 3′ langen Eisenkern hineinziehen. Hätte nach der Kraft, mit welcher der $\frac{3}{4}$″ oder 1″ dicke, 6″ lange Kern in den

Versuchsreihen vorn unter No. 3 und 4 in die Spirale hineingezogen wurde, die Anziehung berechnet werden sollen, so war zwar bekannt, dafs die Anziehung sich einerseits verhält wie die Quadrate der Windungszahlen und wie die des Stroms und andererseits wie die Wurzeln der Kerndurchmesser; allein man weifs nicht in welchem Verhältnifs die Anziehung zur Länge des Magneten steht, auch ist die Weite der Windungen, besonders bei einer Spirale, welche am Ende des Kerns wirkt, von bedeutendem Einflufs. Somit konnte unter den obwaltenden Umständen nicht leicht die Anziehungskraft der Spirale vorher berechnet werden, welche sich in diesem speciellen Falle zeigen werde. Wir erhielten bei einem Strome, der die Nadel der Tangentenbussole auf etwa 36° ablenkte 2 Pfd. 13 Loth Anziehung.

Da die vorliegende Untersuchung zugleich den Zweck hatte, die Brauchbarkeit derartiger elektromagnetischer Combinationen für die Praxis zu prüfen, so erschien es wünschenswerth, auch den Eisenkern mit einer Spirale zu umgeben. Durch das Magnetisiren des Kerns für sich wird zwar die Anziehung nicht in derselben Weise vergröfsert, wie wenn diese den Kern fest umgehende Zahl der Windungen zu der beweglichen Spirale hinzugefügt würde; allein man bewirkt dadurch, dafs bei der Bewegung und dem Verschwinden des Stromes in der grofsen Spirale nicht sämmtlicher Magnetismus in dem Kern aufhört, so dafs also dadurch auch der erregte Inductionsstrom weniger stark wird, als wenn die bewegliche Spirale allein vorhanden ist. Ich sage die Anziehung wird nicht in derselben Weise vergröfsert; denn wird in der beweglichen Spirale die Zahl der Windungen vermehrt, so wird in dem Kern ein in demselben Grade stärkerer Magnetismus hervorgerufen, es findet eine Wechselwirkung statt. Vermehrt man dagegen die Windungszahl der festen Spirale, so würde die Wirkung nur dann quadratisch seyn, wenn dadurch auch die bewegliche Spirale an sich gröfsere Anziehung erhielte, was natürlich nicht der Fall ist. Um-

giebt man also den Eisenkern mit einer besonderen Spirale, so ist die Wirkung beider Spiralen gleich dem Product aus der Windungszahl der beweglichen Spirale multiplicirt mit der Summe der Windungen der beweglichen *plus* der den Kern umschliefsenden Spirale.

Die Spirale, welche im vorliegenden Fall den Kern umgab, hatte 600 Windungen desselben Drahtes wie die grofsen Spirale und wurde zunächst mit zwei Grove'schen Elementen verbunden, so dafs sie von einem Strome durchflossen wurde, welcher dem in der grofsen Spirale ungefähr gleich war, d. h. die Nadel auf 35° ablenkte.

Lassen sich auf die vorliegenden Verhältnisse dieselben Gesetze wie auf die früher geprüften anwenden und waren die oben gemachten Schlüsse über die Art der Wirksamkeit der Spiralen richtig, so mufste sich als Anziehung ergeben

$$\frac{1500 \,.\, 2 \text{ Pfd. } 13 \text{ Loth}}{900} = 4 \text{ Pfd. } \tfrac{1}{3} \text{ Loth.}$$

Der Versuch ergab genau 4 Pfd.

Nachdem wir durch diese Versuche zu der Ueberzeugung gelangt, dafs die bisher bei geringen Dimensionen gefundenen Gesetze auch für die gröfsere dieselben blieben, waren zunächst Versuche mit viel stärkerem Strome anzustellen, um zu prüfen, welche Kraftäufserungen überhaupt zu erlangen seyen. Die Säule, welche zu dem Zwecke in Thätigkeit gesetzt ward, bestand aus 24 Grove'schen Elementen, deren jedes 40□" wirksame Platinfläche hatte. Jede Thonzelle fafste gerade 1 Pfd. Salpetersäure, so dafs zu jedem Versuche 24 Pfd. Salpetersäure gebracht wurden.

Die angewandten Magnetkerne waren, wie vorn bemerkt, 3' lang und hatten 4", 6" und 8" Durchmesser, wobei zu bemerken ist, dafs der Durchmesser der Stäbe von 6" und 8" dadurch erlangt wurde, dafs um den 4" dicken Kern ein- und zwei Zoll starke quadratische Stäbe herumgelegt und durch Eisenbände an demselben befestigt wurden. Zuvor hatte ich mich durch Versuche im Kleinen überzeugt, dafs durch derartige Eisenkerne nicht an-

dere Resultate erzielt wurden, als wenn dieselben aus einem Stück gewesen wären. Sie gaben in dem Maafse weniger als wegen der vorhandenen Lücken in dem Querschnitte ihnen an Eisenmasse gegen massive Stäbe fehlte, ein Geringes, was entschieden vernachlässigt werden kann, wie spätere Versuche das klar herausstellen werden.

Da die Resultate mit den Eisenkernen für sich dieselben Erscheinungen zeigten, wie es die früheren Versuche, so sind diese hier nicht aufgeführt, sondern ich gehe sogleich zu denjenigen, welche mit der Glocke erhalten wurden. Diese Glocke hatte 21 Zoll inneren Durchmesser, und war 3 Fufs hoch von $\frac{1}{2}$ Zoll dickem Schmiedeeisen. Es wurden mannigfache Versuche mit verschiedenen Stromstärken angestellt. Ich führe hier die an, welche bei der besten Füllung der ganzen Säule gemacht sind und bemerke, dafs die Stärke des Stromes dabei um 60° war. Den so starken Strom genau zu bestimmen war fast unmöglich, da das System auch bei der möglichst gröfsten Entfernung immer noch auf die Nadel einwirkte.

Anziehung 3 Fufs langer Magnetstäbe mit Glocke auf eine Spirale von 900 Windungen elektrisirt durch 24 Elemente.

Durchmesser der Magnete.	Anziehung.
4"	65 Pfd.
6"	98 »
8"	125 »

Diese Resultate zeigen ungefähr das Verhältnifs der Stabdurchmesser und sind in Uebereinstimmung mit dem schon vorn ausgesprochenen Satze, dafs die Anziehung in um so gröfserem Verhältnisse wächst, je näher das Eisen der anziehenden Spirale ist. In Bezug hierauf wurden noch unter andern Versuche der Art angestellt, dafs um den 4" dicken cylindrischen Stab mit der Glocke 2, 4 und 6 Stäbe jeder 2" im Quadrat und 3 Fufs lang herumgestellt wurden und nun die Spirale mit 16 Elementen der obigen Gröfse elektrisirt. Es ergab sich folgende Anziehung:

4" dicker Stab mit Glocke						31½ Pfd.
4"	»	»	»	»	und 2 Stäbe	45½ »
4"	»	»	»	»	» 4 »	52 »
4"	»	»	»	»	» 6 »	55½ »

Die Querschnitte der Stäbe in der Glocke, welche die Anziehung übten, betrugen mithin der Reihe nach:

Querschnitt des Kerns.	D.	$\sqrt{D}$.	Anziehung.
12,5 □"	3,5355	1,88	31,5 Pfd.
20,5 »	4,5277	2,093	45,5 »
28,5 »	5,3386	2,31	52 »
36,5 »	6,0415	2,458	55,5 »

Die mit D überschriebene Colonne giebt den Durchmesser, welcher dem daneben stehenden Querschnitt entspricht, und die mit $\sqrt{D}$ bezeichnete die Wurzeln jener Durchmesser. Vergleichen wir mit diesen Reihen die erhaltenen anziehenden Kräfte, so finden wir auch hier, wie bei den Versuchen 3, 4 und 5, und 19, 20 und 21, die Beobachtung bestätigt, dafs die Zunahme der Anziehung in gröfserem Verhältnifs als die *Wurzeln* der Durchmesser auftritt, wenn in eine und dieselbe Spirale Kerne von verschiedenem Durchmesser hineingezogen werden.

Um überzeugt zu seyn, dafs diese gröfsere Zunahme der Anziehung, welche hier den Durchmessern näher steht als den Wurzeln derselben, dadurch hervorgerufen werde, dafs die anziehende Spirale gleich weit bleibt, während die Kerne an Umfang zunehmen, stellte ich einige Versuche im Kleinen an, bei denen die Spiralen die verschieden dicken Kerne in gleicher Entfernung von denselben umschlossen. Für diesen Fall ergaben die Anziehungsresultate genau das Verhältnifs der Wurzeln der Kerndurchmesser analog den früher gemachten Beobachtungen bei der Nadelablenkung [1]).

Ein Rückblick auf sämmtliche mit den grofsen Stäben angestellten Versuche zeigt in jedem einzelnen Falle, was bisher noch von vielen Seiten in Frage gestellt wurde:

1) Diese Annalen Bd. 90, S. 250.

»dafs auch für Elektromagnete von gröfseren Dimensionen dieselben Gesetze gelten, als bei den bisher untersuchten.«

3. **Vertheilung des Magnetismus über die ganze Länge des Eisenkerns bei Anwendung der Glocke.**

Läfst man einen Stab von weichem Eisen in eine durch den Strom elektrisirte Spirale hineinziehen, so nimmt die Anziehungskraft bis zur Mitte des Stabes ab, wo sie gleich Null ist. Denkt man sich dagegen diesen Stab als den einen Schenkel eines Hufeisens, so mufs der Nullpunkt der Anziehung nicht nur nicht in der Mitte des Stabes, sondern noch über das Ende desselben hinausliegen, nämlich in der Mitte des Querstücks des Hufeisens. Dieser Nullpunkt geht nun aber noch über die Mitte nach dem äufseren Schenkel des Hufeisens, wenn dieser äufsere Schenkel dicker als der innere und ebenfalls durch eine Spirale magnetisirt ist. Denken wir uns diesen äufseren Schenkel um den inneren ganz herum ausgebreitet, so erhalten wir die Form von Magneten, wie sie die Construction mit der Glocke darstellt. Wird der innere Kern noch mit einer festen Spirale umgeben, welche aufser der anziehenden ebenfalls denselben magnetisirt, so macht diese mit ihrer Wirkung *nach aufsen* zugleich die umgebende Glocke magnetisch und es erklärt sich daraus die Erscheinung, dafs auch in diesem Falle der Nullpunkt nicht in dem Kern, auf den die bewegliche Spirale hinaufgezogen wird, sondern aufserhalb desselben liegt.

Diese Betrachtung erklärt die Erscheinungen, welche die folgenden Versuche zeigen.

1.

Anziehung der Spirale an verschiedenen Punkten des mit der Glocke armirten 6″ langen 1″ dicken Kerns.

Anziehung im Maximumspunkte d. h. am Ende des Kerns	120	Gramme
Ende der bewegten Spirale $2\frac{1}{2}$″ vom Boden	100	»
» » » » 1″ » »	79	»
» » » » auf dem Boden	53	»



Der Kern war in diesem Falle seiner ganzen Länge nach mit 156 Windungen einer Spirale umgeben, durch die derselbe Strom ging, der die bewegliche Spirale elektrisirte. Diese Versuche zeigen, dafs, wenn die angezogene Spirale sich am Ende des Kerns befand, also an der Stelle, wo sie die Minimumswirkung übte, die Anziehung wenig unter der Hälfte von der bei der Maximumsstellung ist. Versuche, bei denen die Säule in anderer Weise als in dem vorliegenden Falle vertheilt war, d. h. wo eine geringere Stromstärke in der festen Spirale und dafür eine gröfsere in der beweglichen oder umgekehrt wirkte, jedoch so, dafs zusammen immer dieselbe Anzahl von Elementen thätig war, zeigten nicht stets gleiche Anziehungskraft. Es ergab sich, dafs für eine bestimmte Vertheilung des Stromes in der festen und beweglichen Spirale ein Maximum der Anziehung stattfinden müsse. Während jedoch in diesem Falle der Unterschied zwischen dem Maximum und Minimum der verschiedenen Stellungen der beweglichen Spirale in gleichem Verhältnifs wie in der vorstehendem Reihe blieb, so zeigte er sich ganz anders, wenn ich die feste den Kern magnetisirende Spirale änderte, so dafs sie diesen nicht seiner ganzen Länge nach bedeckte. Ich stellte zwei Versuchsreihen an, bei deren einer die besagte Spirale vom Kern $\frac{2}{3}$, bei der anderen $\frac{1}{3}$ seiner Länge, vom Boden der Glocke gerechnet, umgab. In dem ersten Fall hatte die Spirale 104, im zweiten 52 Windungen. Die erhaltenen Anziehungen in den beiden Reihen sind nicht ihrem absoluten Maafs nach mit einander zu vergleichen, da die Stromstärken nicht genau dieselben waren. Die Anziehung, welche sich in den verschiedenen Stellungen der beweglichen Spirale ergab, war folgende:

2.

Bewegliche Spirale am Ende des Kerns . . .	130 Gr.
Ende der bew. Spirale 2½" vom Boden d. Glocke	148 »
» » » » 1" » » » »	110 »
» » » » am Boden der Glocke	62 »

3.

Bewegliche Spirale am Ende des Kerns . . .	119 Gr.
Ende der Spirale $2\frac{1}{2}''$ vom Boden der Glocke	123 »
» » » 1" » » » »	115 »
» » » am Boden der Glocke . .	110 »

Wir ersehen aus diesen Versuchen, wie verschieden sich die Vertheilung der Intensität auf der Länge des Kerns herausstellt, wenn die Länge und magnetische Intensität der festen Spirale geändert wird.

Für den Fall, wo der Eisenkern nicht mit einer festen Spirale besonders umgeben war, führe ich nur den Versuch an, welcher mit dem grofsen Magneten und dessen Glocke und zwar bei der stärksten Wirkung der Säule von 21 Elementen erhalten wurde. Es war diefs das Maximum der Anziehung, die überhaupt je beobachtet wurde, sie zeigte in der Maximumsstellung der Spirale bei einer Dicke des Eisenkern von 8 Zoll und der Länge von 3 Fufs 125 Pfd. und 2 Fufs tiefer, also 4 Zoll vom Boden der Glocke entfernt, 75 Pfd. Anziehung.

Die hier gewonnenen Resultate erlauben nun fernere Schlüsse auf die Wirksamkeit und practische Brauchbarkeit einer elektromagnetischen Maschine, wobei es besonders auf den Verbrauch ankommt. Obgleich von Page keine bestimmten Data über den Verbrauch seiner Maschine gegeben worden, so liefs doch die Bemerkung, dafs seine Maschine nicht theurer als die theuersten Dampfmaschinen sey, schliefsen, das vorliegende System, in denselben Dimensionen wie die Page'schen Magnete construirt, werde von entschieden practischer Anwendbarkeit seyn, da es annähernd die dreifache Kraft von jenem äufserte. Allein man findet sich sehr enttäuscht, wenn man hiermit das gewonnene Resultat vergleicht.

Die von uns angewandten Spiralen, welche bei Ausführung einer Maschine hätten in Bewegung gesetzt werden müssen, wogen gegen 170 Pfd. und es reichte daher der vorhandene Apparat nicht aus, Messungen über die etwanige Geschwindigkeit der Maschine anzustellen, weil hierzu ein

durchaus sauber gearbeitetes Gestell von bedeutender Stärke nöthig gewesen wäre. Allein Versuche an einem kleinen Modell ergaben bei einer gleichen Construction, wie die im Grofsen ausgeführte, 140 Umdrehungen in der Minute. Nehmen wir an, dafs diese für die Berechnung vortheilhafte Beobachtung auch bei einer in den angegebenen Verhältnissen im Grofsen ausgeführten Maschine ihre Anwendung finde, so sind hiermit alle Data zur Beurtheilung der Kraftäufserung einer solchen Maschine gegeben. Die Verhältnisse an den grofsen Kernen mit der Glocke sind so gewählt, dafs der Hub der daraus construirten Maschine bequem 2 Fufs seyn könnte, und da vorausgesetzt wird, dafs, wie bei dem Modell, an jedem der beiden Krummzapfen des Schwungrades eine gleiche Spirale wirke, und der Strom nach einer jeden halben Umdrehung aus der einen Spirale in die andere übergeht, so folgt daraus, dafs bei jeder ganzen Umdrehung des Schwungrades die Last durch die wirksame Kraft 4 Fufs hoch gehoben wird. Wenn im Maximum die Anziehung 125 Pfd. und im Minimum 75 Pfd. betrug, so ergiebt sich daraus als Mittel 100 Pfd. Diese 100 Pfd. werden in einer Minute 140 mal 4 Fufs hoch gehoben. Hieraus ergiebt sich als Kraft der Maschine

$$\frac{100 \,.\, 140 \,.\, 4}{33000} = 1{,}7 \text{ Pferdekräfte.}$$

Rechnen wir mit Page, dafs durch die Reibung an den einzelnen Theilen der Maschine 15 Proc. von der Totalwirkung verloren gehe, was allerdings sehr vortheilhaft gerechnet ist und nach meiner Erfahrung bei den grofsen Massen, die bewegt werden müssen, viel eher 50 Proc. heifsen müfste, so erhalten wir als Kraft der obigen Construction

$$\frac{85 \,.\, 1{,}7}{100} = 1{,}445 \text{ Pferdekräfte,}$$

also ungefähr $1\frac{1}{2}$ Pferdekraft.

Zu diesen anderthalb Pferdekräften wurden 24 Pfd. Salpetersäure durchschnittlich in 4 Stunden verbraucht; denn

wenngleich nach dieser Zeit die Säure noch nicht ganz aufgebraucht war, so hatte sich doch die Wirkung nach der ersten halben Stunde schon bis zu Ende der genannten Zeit in constanter Abnahme befunden und wir hätten schon die Säule durch hinzugefügte neue Elemente vermehren müssen, wenn wir fortwährend die anderthalb Pferdekräfte hätten unterhalten wollen. Es ist mithin sehr mäfsig gerechnet, wenn der Verbrauch in 4 Stunden auf 24 Pfd. Salpetersäure gesetzt wird unter der Bedingung, dafs die Kraft stets auf dem Maximum von anderthalb Pferdekräften erhalten werden soll. Der Preis dieser Salpetersäure beläuft sich auf etwa 2 Thaler 12 Sgr. Nehmen wir hierzu nur $\frac{1}{4}$ dieses Preises an Schwefelsäure und Zink, was ein Jeder, der mit der Grove'schen Säule bei *einem starken Strome* gearbeitet hat, sehr gering finden wird, so ergiebt sich als Verbrauch einer solchen Maschine innerhalb 4 Stunden der Preis von 3 Thalern, mithin in 24 Stunden 18 Thaler.

Läfst man nicht aufser Acht, dafs, während Page die Wirkung des magnetisirten Stabes durchschnittlich in dem Maximum seiner Kraft anwendet, wir nur das Mittel rechnen können, zwischen der Wirkung des Maximums und Minimums, so mufs man zugeben, dafs die vorliegende Construction nur doppelt soviel Kraft äufsert als jene. Denn ein Stab von der von uns angewandten Dimension mufste bei Page's Maschine etwa mit 48 Pfund wirken. Das Mittel unserer Wirkung betrug aber 100 Pfd., also das Doppelte. Page's Maschine mufste mithin bei derselben Kraftäufserung den doppelten Verbrauch haben.

Hiernach würden nun die 10 Pferdekräfte, welche Page bei seiner zuletzt construirten Maschine erhalten hat, in 24 Stunden einen Verbrauch von

$$2 . \frac{2 . 18 . 10}{3} = 240 \text{ Thaler}$$

also die Pferdekraft 24 Thlr. erfordern, wenn er nicht im Stande ist die verbrauchten Stoffe billiger zu beschaffen, als diefs hier in Berlin möglich ist.

Sehen wir die Locomotive als die den gröfsten Kostenaufwand erfordernde Dampfmaschine an, so wird doch auch keine von diesen einen so hohen Preis für die Pferdekraft erreichen, und es ist daher nicht klar, welche Dampfmaschinen Page als Vorbild genommen hat, wenn er den Verbrauch seiner Maschine gleich dem der theuersten Dampfmaschinen setzt.

Diese Resultate zwingen daher auch uns der Meinung beizutreten, *dafs es nach dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft nicht möglich ist, die Dampfkraft mit Erfolg durch den Elektromagnetismus zu ersetzen.*

Berlin den 10. März 1855.

VIII. *Ueber die trigonalen Trapezoëder des hexagonalen Systems und ihr Vorkommen am Quarz; von Adolf Kenngott in Wien.*

(Aus den Sitzungs-Berichten der kais. Akademie der Wissenschaften Bd. XIV, S. 243 im Auszuge mitgetheilt vom Verfasser.)

Die zahlreichen schönen Quarzkrystalle, welche sich in den Sammlungen des k. k. Hof-Mineralien-Cabinets zu Wien vorfinden, veranlafsten mich zu einer Durchsicht derselben im Vergleich mit den vorhandenen Arbeiten über den Quarz. Hierbei waren besonders die trigonalen Trapezoëder zu untersuchen, über deren Vorkommen sich abweichende Angaben vorfinden und in Folge welcher auch das Vorkommen der anderen Krystallgestalten Gegenstand der Untersuchung wurde.

Mit den trigonalen Trapezoëdern beginnend wurde ich zunächst auf den Umstand geführt, dafs man zweierlei trigonale Trapezoëder als Viertelgestalten der dodekagonalen Pyramiden zu unterscheiden habe, weil je vier, also acht trigonale Trapezoëder aus einer dodekagonalen Pyramide



hervorgehen und dafs dadurch wesentlich abweichende Angaben über das wirkliche Vorkommen dieser Gestalten an Quarzkrystallen erklärt werden.

Wenn man nämlich der Betrachtung eine hexagonale Pyramide in normaler Stellung zu Grunde legt, über deren Flächen die Flächen einer dodekagonalen Pyramide in Flächenpaare gruppirt erscheinen, so lassen sich die Flächen einer *dodekagonalen Pyramide* mPn im Allgemeinen durch nachfolgende Zahlenreihen ausdrücken:

1.2 3.4 5.6 7.8 9.10 11.12
13.14 15.16 17.18 19.20 21.22 23.24.

Die oberen Zahlen bestimmen die zwölf Flächen der oberen Hälfte, die unteren Zahlen die der unteren Hälfte, während je zwei über einander stehende Zahlen die Flächenpaare nach den zwölf Seitenkanten, die paarweise gestellten Zahlen 1.2 3.4 und so fort die über den Flächen der untergelegten hexagonalen Pyramide in normaler Stellung liegenden Flächenpaare ausdrücken.

Werden von diesen zwölf Paaren je sechs abwechselnde herrschend, damit zwei *Skalenoëder* entstehen, so enthält das eine dieser beiden Skalenoëder die Flächen

1.2 5.6 9.10
15.16 19.20 23.24

das andere die Flächen

3.4 7.8 11.12
13.14 17.18 21.22

und die Zeichen der beiden Skalenoëder, als Hälftengestalten einer dodekagonalen Pyramide mit Flächenparallelismus sind $\frac{mPn}{2}$ und $\frac{mP'n}{2}$.

Aus derselben dodekagonalen Pyramide mPn entstehen zwei *hexagonale Trapezoëder* durch Herschendwerden der abwechselnden Flächen. Das eine derselben enthält die Flächen

1 3 5 7 9 11
14 16 18 20 22 24.

das andere dagegen die Flächen

2 4 6 8 10 12
13 15 17 19 21 23

und die entsprechenden Zeichen sind $\frac{l}{l}\,\frac{mPn}{2}$ und $\frac{r}{r}\,\frac{mPn}{2}$.

Eine dritte Art hierher gehöriger Hälftengestalten der dodekagonalen Pyramiden sind die *ditrigonalen Pyramiden.* Sie entstehen, wenn je vier Flächen herschend werden, welche die abwechselnden gleichen Seitenecken bilden. Die eine der beiden ditrigonalen Pyramiden enthält die Flächen

1 . 2 5 . 6 9 . 10
13 . 14 17 . 18 21 . 22

die andere aber die Flächen

3 . 4 7 . 8 11 . 12
15 . 16 19 . 20 23 . 24

und ihre Zeichen sind $\frac{mPn}{2}$ und $\frac{mP'n}{2}$.

Wenden wir uns an die Skalenoëder, um aus ihnen Hälftengestalten und zwar *trigonale Trapezoëder* durch Herrschendwerden der an den abwechselnden Seitenkanten liegenden Flächen zu bilden, so erhalten wir aus dem Skalenoëder $\frac{mPn}{2}$ zwei trigonale Trapezoëder, von denen das eine die Flächen

$$\left.\begin{matrix} 1 & 5 & 9 \\ 24 & 16 & 20 \end{matrix}\right\} \text{I.}$$

das andere die Flächen

$$\left.\begin{matrix} 2 & 6 & 10 \\ 15 & 19 & 23 \end{matrix}\right\} \text{II.}$$

enthält. Aus dem zweiten Skalenoëder $\frac{mP'n}{2}$ erhalten wir auf gleiche Weise zwei trigonale Trapezoëder, von denen das eine die Flächen

$$\left.\begin{matrix} 3 & 7 & 11 \\ 14 & 18 & 22 \end{matrix}\right\} \text{III.}$$

das andere dagegen die Flächen

$$\left.\begin{matrix} 4 & 8 & 12 \\ 17 & 31 & 13 \end{matrix}\right\} \text{IV.}$$

enthält.

Aus den ditrigonalen Pyramiden entstehen gleichfalls und zwar durch Herrschendwerden der abwechselnden Flächen *trigonale Trapezoëder*, welche die Flächen anders vertheilt enthalten als die bereits angegebenen vier. Die Flächen der so entstehenden vier trigonalen Trapezoëder sind die nachfolgend angegebenen.

Aus der ditrigonalen Pyramide $\frac{mPn}{2}$ resultiren die beiden trigonalen Trapezoëder V und VI, aus der ditrigonalen Pyramide $\frac{mP'n}{2}$ die beiden trigonalen Trapezoëder VII und VIII. Die entsprechenden Flächen sind diese:

1		5		9		V.
	14		18		22	
	2		6		10	VI.
13		17		21		
3		7		11		VII.
	16		20		24	
	4		8		12	VIII.
15		19		23		

Beiderlei Hälftengestalten, sowohl die der Skalenoëder, als auch die der ditrigonalen Pyramiden entstehen aber aus den hexagonalen Trapezoëdern durch Herrschendwerden je derjenigen sechs Flächen, welche an je drei abwechselnden gleichen Seitenkanten liegen. So erhalten wir einerseits einmal aus dem hexagonalen Trapezoëder $\frac{l}{l}\frac{mPn}{2}$ die beiden trigonalen Trapezoëder I und III, zum anderen Male die beiden trigonalen Trapezoëder V und VII, andererseits aus dem hexagonalen Trapezoëder $\frac{r}{r}\frac{mPn}{2}$ einmal die beiden trigonalen Trapezoëder II und IV, zum anderen Male die beiden trigonalen Trapezoëder VI und VIII. Zur Bezeichnung ist es nicht ausreichend, die Zeichen $\frac{l}{l}\frac{mPn}{4}$ und $\frac{r}{r}\frac{mPn}{4}$ mit und ohne Accent bei P zu bezeichnen, sondern

die acht verschiedenen trigonalen Trapezoëder wurden bezeichnet, wie folgt:

I.	III.	V.	VII.
$l\frac{l}{l}\frac{mPn}{4}$	$l\frac{l}{l}\frac{mP'n}{4}$	$r\frac{l}{l}\frac{mPn}{4}$	$r\frac{l}{l}\frac{mP'n}{4}$
II.	IV.	VI.	VIII.
$r\frac{r}{r}\frac{mPn}{4}$	$r\frac{r}{r}\frac{mP'n}{4}$	$l\frac{r}{r}\frac{mPn}{4}$	$l\frac{r}{r}\frac{mP'n}{4}$.

An Quarzkrystallen finden sich nun, wie die verschiedenen Untersuchungen gezeigt haben und wozu die reichhaltige Reihe schöner Krystalle in den Sammlungen des k. k. Hof-Mineralien-Cabinets die Belege finden liefsen, trigonale Trapezoëder jeder Art, und die jedesmalige Lage und die Bezeichnung wegen des rechts und links hängt von der Lage der bezüglichen Flächen gegen die Grundgestalt ab.

Was ferner die übrigen Krystallgestalten des Quarzes betrifft, über welche in dem betreffenden Aufsatze (in der fünfzehnten Folge meiner mineralogischen Notizen) das Ausführliche mitgetheilt wurde, ist hier in Kürze anzugeben, dafs, wenn die hexagonale Pyramide, deren Endkanten = 133° 44' und deren Seitenkanten = 103° 34' sind, als Grundgestalt und als solche in normaler Stellung gewählt und mit P bezeichnet wird, sich der Hauptsache nach folgende Verhältnisse feststellen lassen:

Die gewöhnlichste Krystallgestalt des Quarzes ist die Combination $\infty P.P$, sie erscheint von dem höchsten Grade regelrechter Ausbildung an bis zu den unkenntlichsten Verzerrungen herab, welche von der mehr oder weniger abweichenden Ausdehnung einzelner Flächen abhängen. Hierbei beobachtet man häufig eine entschieden rhomboëdrische Bildung, indem anstatt $\infty P.P$ häufig die Combination $\infty P.\frac{P}{2}.\frac{P'}{2}$ auftritt und in dem Extreme $\infty P.\frac{P}{2}$ endet. Weniger häufig, aber doch entschieden läfst sich auch die zweite Art der Hemiëdrie beobachten, die Bildung der trigonalen Pyramide $\frac{P}{2}$ in der Combination $\infty P.\frac{P}{2}.\frac{P'}{2}$.

Die rhomboëdrische Tendenz ist die überwiegende und zeigt sich auch in anderen Pyramidenflächen normaler Stellung. Dieselbe zweifache Art der Hemiëdrie findet sich auch bei der vorkommenden hexagonalen Pyramide in diagonaler Stellung $2P2$, indem die Flächen derselben aufser vollzählig auch als die trigonaler Pyramiden in diagonaler Stellung und als die der Rhomboëder in diagonaler Stellung vorzufinden sind. Bei diesen Flächen $2P2$ jedoch ist die Bildung trigonaler Pyramiden häufiger, als die Bildung der Rhomboëder.

Die hexagonalen Trapezoëder $\frac{l}{l}\frac{mPn}{2}$ und $\frac{r}{r}\frac{mPn}{2}$ finden sich als solche selten, weil ihre Flächen, so wie die der hexagonalen Pyramide $2P2$ und deren Hälften nur untergeordnet, meist durch die ungleichmäfsige Ausdehnung der Flächen P vereinzelt zu sehen sind. Man findet daher ungleich häufiger trigonale Trapezoëder oder gar nur einzelne Flächen derselben, sie lassen jedoch bei dem grofsen Reichthume an Krystallen des Quarzes überhaupt alle Arten des Vorkommens nachweisen. — Die Belegstücke zu den angegebenen Resultaten lieferten namentlich die Krystalle aus der Schweitz, von Zirknitz in Krain, aus dem Marmaroscher Comitate, aus dem Dauphiné, von Herkiwa aus New York und von anderen einzelnen Fundorten.

Einen besonders grofsen Reichthum an Flächen bieten die farblosen Quarzkrystalle von Serra do Chrystaes, Capitanie Goyaz in Brasilien, welcher für die Krystallographie des Quarzes von Interesse zu werden verspricht, für jetzt aber nicht ansgebeutet werden konnte, weil die Krystalle nur an einem Ende ausgebildet sind und die untergeordneten Flächen nicht den zu Messungen nöthigen Glanz besitzen. Ihr Charakter aber ist ein eigenthümlicher. So findet man an ihnen die Flächen einer stumpfen hexagonalen Pyramide in normaler Stellung hemiëdrisch als dreiflächige Zuspitzung der Endecken von P, die Zuspitzungsflächen gerade auf die P-Flächen aufgesetzt, einer zweiten, welche die Endkanten des Rhomboëders $\frac{P}{2}$ gerade ab-

stumpft und daher auch rhomboëdrisch auftritt, und Flächen von Hälften verschiedener mPn, welche entweder als Skalenoëder oder ditrigonale Pyramiden aufzufassen sind, je nachdem es die fehlenden unteren Enden bestimmen würden. Diese Flächen bilden Zuschärfungen der Endkanten des Rhomboëders $\frac{P}{2}$, Zuschärfungen der abwechselnden schiefen Combinationskanten zwischen $\frac{P}{2}$ und ∞P, schiefe Abstumpfungen der Combinationskanten zwischen $2P2$ und P, oder zwischen $2P2$ und ∞P, schieflaufende, gegen das Ende breiter werdende Zuschärfungen der abwechselnden Prismenkanten. Endlich finden sich auch Viertelgestalten dodekagonaler Pyramiden, welche dreiflächige Zuspitzungen der Endecken von P bilden, die Zuspitzungsflächen schief auf die abwechselnden Flächen aufgesetzt.

IX. *Ueber die Einwirkung des Lichts auf Chlorwasser; von W. C. Wittwer,*

Privatdocenten in München.

Seit langer Zeit ist die Thatsache bekannt, dafs Chlorwasser dem Lichte ausgesetzt in der Weise sich ändert, dafs das Wasser in seine Bestandtheile sich zerlegt, und indem der Wasserstoff mit dem Chlor sich verbindet, der Sauerstoff frei wird. Wenn man nun annimmt, dafs die Gröfse einer Wirkung auf die der Ursache schliefsen läfst, kann man die Zerlegung des Chlorwassers dazu benutzen, die chemisch wirkenden Strahlen des Lichtes zu messen, welche Art der Messung vor der mit photographischem Papiere bewerkstelligten vielleicht einen Vorzug haben dürfte, als sie von den vielen Ungleichheiten, denen solches Papier ausgesetzt ist, sich frei erhält.

Wenn ein Lichtstrahl durch Chlorwasser von einer bestimmten Stärke geht, so wird er auf seinem Wege eine gewisse Anzahl von Chlortheilchen treffen, und sie veranlassen, vermittelst Wasserzerlegung Salzsäure zu bilden. Je stärker das Chlorwasser ist, desto mehr Chlortheilchen werden in demselben Raume sich finden, desto mehr werden also von dem Lichtstrahle getroffen, desto mehr Salzsäure wird gebildet.

Bei gleicher Beleuchtung ist die gebildete Salzsäure der Stärke des Chlorwassers proportional. Diesen Satz nachzuweisen giebt es zwei Wege. Der erstere derselben beruht auf folgender Betrachtung. Wenn in dem Chlorwasser von der Stärke a in der Zeit t, c Theile Chlor veranlafst werden, Chlorwasserstoff zu bilden, so ist nach Verflufs von t die Stärke des Chlorwassers $= a - c$. Ein anderes Chlorwasser von der Stärke na, demselben Lichte ausgesetzt, wird in derselben Zeit t nc Chlor verlieren, seine Stärke wird nun $n(a - c)$ seyn, die sich zu $a - c$ verhält, wie $n : 1$. Das ursprüngliche Verhältnifs beider Chlorwässer wird mithin durch das Licht nicht gestört, obwohl beide schwächer werden. Stärke des Lichts und Dauer des Versuchs haben hierauf offenbar keinen Einflufs, da nach jedem Zeittheilchen immer dasselbe Verhältnifs eintritt. Um mich von der Richtigkeit dieses Schlusses zu überzeugen, benutzte ich möglichst weifse cylindrische Fläschchen von weifsem Glase mit einem Durchmesser von etwa 1", füllte sie mit Chlorwasser von verschiedener Stärke und setzte sie luftdicht verschlossen dem Lichte aus. Da es hiebei nothwendig ist, eine bestimmte Stärke des Chlorwassers als Einheit anzunehmen, so setze ich jene $= 1$, wo in 1000 Gewichtstheilen 1 Gewichtstheil Chlor sich befindet, was etwa $\frac{1}{3}$ Vol. Gas in 1 Vol. Wasser entspricht. Die jeweilige Stärke untersuchte ich nach der bekannten Methode mit durch Indigo blaugefärbter Lösung von arseniger Säure. In nachstehender Tabelle finden sich die Resultate meiner Beobachtungen; dieselbe enthält die absolute Stärke der Chlorwässer vor und nach

dem Versuche. Das gegenseitige Verhältnifs derselben ist unter der Benennung »relative Stärke« der leichteren Uebersicht wegen beigefügt. Die Versuche wurden theils bei gutem theils bei schlechtem Wetter angestellt, ich machte sie bald im Freien, bald im Zimmer und liefs sie bald längere, bald kürzere Zeit dauern. Hr. Prof. Dr. Kaiser hatte die Güte, mir das zu den Versuchen benöthigte Material zu überlassen, weshalb ich mit Freuden die Gelegenheit ergreife, ihm hiermit meinen Dank auszusprechen.

No.	Absolute Stärke vor dem Versuche.	Absolute Stärke nach dem Versuche.	Relative Stärke vor dem Versuche.	Relative Stärke nach dem Versuche.
1	3,1621	2,2749	1,00	1,00
	2,3716	1,7093	0,75	0,75135
	1,5811	1,1478	0,50	0,50453
2	3,0115	2,1883	1,00	1,00
	2,2586	1,6175	0,75	0,73913
	1,5058	1,1193	0,50	0,51151
3	3,0115	1,7715	1,00	1,00
	2,2587	1,2960	0,75	0,73156
	1,5058	0,8895	0,50	0,50211
4	2,9415	2,6351	1,00	1,00
	2,2061	1,9519	0,75	0,74073
	1,4708	1,3176	0,50	0,500
5	3,4185	3,1154	1,00	1,00
	2,2790	2,1011	0,67	0,67442
	1,7093	1,5732	0,50	0,50498
6	3,4002	2,2587	1,00	0,00
	2,2668	1,4742	0,67	0,65268
	1,7001	1,0980	0,50	0,48612
7	3,2640	2,9415	1,00	1,00
	1,6820	1,4742	0,50	0,50116
	0,8410	0,7493	0,25	0,25474

Die zweite Art, den oben ausgesprochenen Satz zu beweisen, beruht auf der Abnahme der Chlorwasserstärke mit Zunahme der Zeit.

Die Aenderung ds des Chlorwassers ist gleich dem

Producte aus der Quantität der Lichtstrahlen J, der Stärke des Chlorwassers s und der Zeit dt, also

$$ds = -sJdt \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

wobei das Glied rechts das Zeichen — bekommt, weil s abnimmt, wenn t wächst. Es wird nun

$$ls = -\int J dt + l\,\text{const.}$$

$$s = \text{const}.e^{-\int J dt}$$

und wenn J während des Versuches sich nicht ändert

$$s = \text{const}.e^{-Jt}$$

Bedeutet nun S die Stärke des Chlorwassers, wenn $t=0$, so wird

$$\log \frac{S}{s} = Jt \log e.$$

Zu dieser Art von Versuchen boten die schönen Tage des Monats September 1854 eine gute Gelegenheit, denn hier war bei dem völlig wolkenlosen Himmel doch mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen, dafs während der Mittagszeit in der Helligkeit keine merkliche Aenderung eingetreten sey, dafs man also J füglich als constant betrachten könne, denn es erhellt, dafs es eine schwierige Rechnung geworden wäre, wenn J wegen der Bewölkung jeden Augenblick gewechselt hätte. Die mit den bereits erwähnten Gläschen, welche zu gleicher Zeit dem Lichte ausgesetzt wurden, angestellten Versuche gaben nachstehende Resultate.

No. 8. 14. Sept. 1854. Anfang des Versuches 11ʰ 30′ Mrg. $S = 3{,}3286$.

t	s	Jt
10′	2,9691	0,11427
20′	2,6133	0,24193
30′	2,4324	0,31367
40′	2,1081	0,45676
60′	1,7232	0,65836
70′	1,6011	0,73189

Durch Summirung der letzten Columne erhält man:

$$23\,J = 2{,}51688$$

$$J = 2{,}10943.$$

Es ergeben sich hiernach die Fehler:

$$0{,}11427 - 0{,}10943 = + 0{,}00484$$
$$0{,}12097 - 0{,}10943 = + 0{,}01154$$
$$0{,}10456 - 0{,}10943 = - 0{,}00487$$
$$0{,}11419 - 0{,}10943 = + 0{,}00476$$
$$0{,}10973 - 0{,}10943 = + 0{,}00030$$
$$0{,}10456 - 0{,}10943 = - 0{,}00487.$$

No. 9. 16. Sept. 1854. Anfang des Versuches 11^h 30′ Mttgs. $S = 2{,}8747$.

t.	*s.*	*Jt.*
10′	2,5604	0,11577
20′	2,3166	0,21584
30′	2,0941	0,31682
40′	1,8601	0,43531
50′	1,6216	0,57254
70′	1,2906	0,80084

$$22\,J = 2{,}45712$$
$$J = 0{,}11169.$$

Fehler:
$$0{,}11577 - 0{,}11169 = + 0{,}00408$$
$$0{,}10792 - 0{,}11169 = - 0{,}00477$$
$$0{,}10561 - 0{,}11169 = - 0{,}00698$$
$$0{,}10883 - 0{,}11169 = - 0{,}00286$$
$$0{,}11451 - 0{,}11169 = + 0{,}00282$$
$$0{,}11441 - 0{,}11169 = + 0{,}00272.$$

No. 10. 17. Sept. 1854. Anfang des Versuches 11^h 30′ Mttgs. $S = 2{,}4324$.

t.	*s.*	*Jt.*
10′	2,1659	0,11607
20′	1,9164	0,23846
30′	1,7279	0,34195
40′	1,5239	0,46761
50′	1,3660	0,57705

Das sechste Gläschen hatte den Stöpsel ausgesprengt.

$$15\,J = 1{,}74114$$
$$J = 0{,}11608.$$

Fehler:
$$0{,}11607 - 0{,}11608 = - 0{,}00001$$
$$0{,}11923 - 0{,}11608 = + 0{,}00315$$
$$0{,}11398 - 0{,}11608 = - 0{,}00210$$
$$0{,}11690 - 0{,}11608 = + 0{,}00082$$
$$0{,}11541 - 0{,}11608 = - 0{,}00067.$$

Bisher wurde stillschweigend angenommen, daſs das Licht, indem es das Chlorwasser durchwandert, keine Schwächung erleide, und wenn der Weg desselben nur kurz ist, wie es in den vorstehenden Versuchen der Fall war, mag dieses auch nahezu stattfinden; es kann aber nicht mehr so seyn, wenn der Weg länger wird, denn durch die Wirkung auf das Chlorwasser muſs ja die Stärke des Lichtes abnehmen. Die Wirkung ist in einem beliebigen Querschnitte dx des Chlorwassers proportional dessen Stärke und der des Lichtes, also werden wir die Veränderung di des letzteren ausdrücken können durch die Gleichung:

$$di = - i\,v\,s\,dx,$$

in welcher i die Lichtstärke in der Schichte dx, s die Stärke des Chlorwassers und v einen constanten Factor bedeutet, mit dem die Chlorwassereinheit das Licht schwächt. Man erhält nun:

$$i = -\text{const.}\,e^{-vsx} = -J e^{-vsx},$$

wenn J die Lichtstärke für $x = 0$ angiebt. Je^{-vsx} nun ist die Stärke, mit der das Licht in der Entfernung x von dem Eintrittspunkte entweicht; es hat also $J(1 - e^{-vsx})$ verloren, welcher Verlust zur Wasserzerlegung verwendet wurde, und das rechte Glied der Gleichung 1) wandelt sich um in:

$$-sJ(1 - e^{-vsx})dt.$$

Dieser Ausdruck stellt die Gesammtwirkung in dem Raume $0.x$ dar, welche Wirkung eine Aenderung des Chlorwassers bedingt. Die Aenderung steht im geraden Verhältnisse zu der Wirkung des Lichtes, im umgekehrten zu der Masse, die in diese Gesammtwirkung sich zu theilen hat, denn bei dem m mal so groſsen Wege des Lichtes vertheilt sich dessen Einfluſs auf m mal so viele Schichten Chlorwassers. Es ergiebt sich also:

$$ds = -\frac{s}{m}(1 - e^{-vsx})Jdt \quad . \quad . \quad . \quad 2)$$

$$\int \frac{ds}{s(1 - e^{-vsx})} = -\frac{1}{m}\int Jdt \quad . \quad . \quad . \quad 3)$$

Das Glied links in der Gleichung 3) bietet in seiner Integration und somit auch die Bestimmung von v und J viele Schwierigkeit. Verzichtet man jedoch darauf, deren Werthe in aller Genauigkeit kennen zu lernen, so kann man, da 3) sich nur wenig ändert und die Aenderung von $1 - e^{-vsx}$ noch kleiner ist, ziemlich gute Näherungswerthe erhalten, wenn man in e^{-vsx} statt s das arithmetische Mittel aus der beobachteten Anfangs- und Endstärke des Chlorwassers also $\frac{S+s'}{2}$ setzt, und dann $1 - e^{-v\frac{S+s'}{2}x}$ als constant betrachtet. Hat man nun zwei Beobachtungen mit verschiedenen x und sind die Chlorwasserstärken S, s' und s'', so erhält man nachstehende zwei Gleichungen:

$$ls' = -\frac{1}{m}\left(1 - e^{-vx\frac{S+s'}{2}}\right)\int J dt + l\text{const.}$$

$$ls'' = -\frac{1}{m'}\left(1 - e^{-vx'\frac{S+s''}{2}}\right)\int J dt + l\text{const.}$$

Setzt man nun const $= S =$ der Anfangsstärke für $t = 0$ und nimmt man J als constant, so gehen diese Gleichungen über in:

$$\log\frac{S}{s'} = \frac{1}{m}\left(1 - e^{-vx\frac{S+s'}{2}}\right) Jt \log e \quad . \quad . \quad . \quad 4)$$

$$\log\frac{S}{s''} = \frac{1}{m'}\left(1 - e^{-vx'\frac{S+s''}{2}}\right) Jt \log e \quad . \quad . \quad . \quad 5).$$

Die hierauf bezüglichen Versuche wurden in folgender Weise angestellt. Ich benutzte zwei möglichst cylindrische 8" und 16" par. lange Röhren von Glas. Das eine Ende derselben wurde möglichst eben zugeschmolzen, am anderen eine Glasscheibe aufgekittet. Eine seitliche Röhre gestattete die Füllung mit Chlorwasser, und überall mit Ausnahme der erwähnten Glasscheiben waren die Röhren mit schwarzem Papier überzogen, um dem Lichte nur von einer Seite den Zugang zu gestatten. Nach der Füllung wurden die Röhren auf einem canelirten Brette befestigt und dieses bei vollkommen heiterer Witterung in der Mittagsstunde

so gestellt, dafs die Sonnenstrahlen senkrecht auf die Glasscheibe auffielen, und so die ganze Röhre durchwandern mufsten. Mit dem Fortschreiten der Sonne in ihrer täglichen Bewegung wurde das Brett nachgeschoben und nach Verflufs einer Stunde der Versuch beendet. t war also immer $= 1$, J constant, m und $x = 1.(8'')$, m' und $x' = 2.(16'')$. Die Resultate meiner Beobachtungen sind folgende:

No.	s.	x.	s'.
11.	3,7201	1	3,1621
(13. Sept. 54.)		2	3,3286
12.	3,3286	1	2,8233
(14. Sept. 54.)		2	2,9691
13.	2,8747	1	2,4704
(16. Sept. 54.)		2	2,5813

Es entziffern sich hieraus die Werthe:

No. 11. $J = 0,25361$ $v = 0,29749$.
No. 12. $J = 0,26482$ $v = 0,31597$.
No. 13. $J = 0,25699$ $v = 0,33333$.

Der Extinctionscoëfficient v hat also den mittleren Werth 0,31560. Wie es bei dem Chlorwasser nöthig ist, von einer bestimmten Stärke als Einheit auszugehen, so ist dieses auch bei dem Lichte der Fall und wir können daher unser bisheriges $J = ni$ setzen, wenn i eben diese Lichteinheit vorstellt.

Ich setze jene Menge von Licht = 1, die auf eine Fläche von 1 Quadr. Centim. senkrecht auffallend in einer Minute ein Aequivalent für eine Wärmeeinheit bietet.

Nach den Versuchen von Favre und Silbermann [1]) entwickelt 1 Grm. Wasserstoff bei seiner Verbindung mit Sauerstoff 34462 Wärmeeinheiten, bei seiner Verbindung mit Chlor 23783. Da nun bei einer Trennung zweier Substanzen bekanntlich ebenso viel Wärme gebunden wird, als bei der Verbindung sich entwickelte, so werden wir

1) Jahresbericht für Chemie u. s. w. f. 1852, 18.

auch für die Wasserzerlegung einen Verlust von 34462 Wärmeeinheiten annehmen müssen, während die Bildung von Chlorwasserstoff 23783 Wärmeeinheiten entwickelt; und wenn das Licht den Wasserstoff veranlafst, von dem Sauerstoff weg zu dem Chlor zu gehen, so mufs es offenbar im Stande seyn, die Wärmedifferenz auszugleichen. Geht im Chlorwasser 1 Grm. Wasserstoff vom Sauerstoff zum Chlor über, so mufs das Licht, das dieses veranlafste, $= 34462 - 23783 = 10679$ Wärmeeinheiten seyn. Einer Wärmeinheit entspricht $\frac{1}{10679}$ Grm. $= 0{,}000093642$ Grm. H, was wieder 0,0033243 Grm. Cl erfordert. Wenn nun Licht von der Menge 1 in einen unendlich langen Cylinder von 1 Quadr. Centim. Basis einfallen würde, der mit Chlorwasser von der Stärke 1 gefüllt wäre, so würde es in einer Sekunde 0,000055405 Grm. Cl zum Verschwinden bringen und in unendlicher Entfernung vollkommen erschöpft seyn. Diese Erschöpfung geht aber nicht gleichmäfsig vor sich, denn die vorstehenden Versuche zeigen, dafs der Lichtverlust in den ersten 8″ par. $1 - e^{-0{,}3156}$, also im ersten Meter $1 - e^{-0{,}3156 \cdot \frac{100}{21{,}656}} = 1 - e^{-1{,}4573} = 0{,}76713$ ist. Es müssen also im ersten Meter und in einer Sekunde (so lange kann man wohl die Aenderung des Chlorwassers als der Zeit proportional annehmen) 0,0000425 Grm. Cl verschwunden seyn. Die Stärke des Chlorwassers betrug am Anfange der Sekunde 1, der Gehalt an Chlor war $= \frac{100}{1000}$ Grm. $= 0{,}1$ Grm., nach der Sekunde war der Chlorgehalt $0{,}1 - 0{,}0000425 = 0{,}0999575$ Grm. und die Stärke mithin $= 0{,}999575$. Die Gleichung 4) geht sohin, wenn man auf Minuten übergeht, also $t = \frac{1}{60}$ setzt, über in

$$\log \frac{1}{0{,}999575} = \frac{1}{4{,}6176}\left(1 - e^{-1{,}4573}\right) \frac{i}{60} \log e,$$

woraus sich $i = 0{,}15385$ ergiebt.

Setzt man nun in den Versuchen 11, 12, und 13 $J = n \,.\, 0{,}15385$ und multiplicirt rechts mit 60, weil die Versuche eine Stunde gedauert haben, so erhält man bezüglich:

$n = 0{,}027474$ $n = 0{,}028688$ $n = 0{,}027840$
als die Menge der Lichteinheiten, die zu jener Zeit gewirkt haben.

Wie man die Lichteinheit auf die der Wärme reduciren kann, so ist es auch leicht, die Einheit des elektrischen Stromes zu Grunde zu legen. Nimmt man mit Jacobi denjenigen Strom als Einheit, der in einer Minute 1 CC. Knallgas erzeugt, so hat man einen Strom, der in dieser Zeit 0,0000 55928 Grm. H frei macht. Diese Menge von H entspricht aber 0,0000 55928 . 34462 = 1,9274 Wärmeeinheiten, mit welcher Zahl nun i multiplicirt werden mufs. Will man die Weber'sche Einheit anwenden, so ist statt 1,9274 zu setzen 1,9274 . 1,0477 also 2,0193, und man kann so ganz nach Belieben Licht, Wärme, chemische Action, Magnetismus und Elektricität nach ein und derselben Einheit bestimmen.

Nach Darlegung der allgemeinen Principien meiner Messung möge es gestattet seyn, ein Paar Nachträge anzubringen.

Man findet bisweilen in den Lehrbüchern der Chemie den Satz ausgesprochen, dafs das Chlorwasser im Lichte, rasch, im Dunkeln langsam sich verändere. Ist letzteres richtig, so läfst es sich dadurch erklären, dafs das Chlorwasser aus seiner Umgebung so viel Wärme als Aequivalent des Lichtes aufnimmt, ohne sie wieder abzugeben, als hinreicht die oben angedeutete Differenz auszugleichen. Wäre dieser Satz richtig, so müfste die in Rede stehende Wärmewirkung bei jedem Versuche in Rechnung gezogen werden, da dann ja nicht die ganze Aenderung des Chlorwassers dem Lichte zuzuschreiben wäre. Ich habe Chlorwasser in gut verschlossenen Gefäfsen in möglichster Dunkelheit 12 Tage stehen lassen, ohne eine Veränderung wahrzunehmen, glaube also allenfallsige Zersetzungen mangelhaftem Verschlusse oder unvollkommener Dunkelheit zuschreiben zu müssen. Auch wenn man das Chlorwasser etwas erwärmt, ändert es sich im Finstern noch nicht; wenigstens habe ich meine Fläschchen in Schüsseln, mit

30 bis 35° R. warmem Wasser gefüllt, gelegt, ohne nach mehreren Stunden eine Aenderung wahrzunehmen. Erst in der Glühhitze geht die Zerlegung vor sich, denn wenn man Chlor- und Wasserdämpfe durch eine glühende Röhre leitet, wird Sauerstoff frei: doch lasse ich es dahin gestellt seyn, ob hier das Licht oder die Wärme mehr wirke. Es ist übrigens immerhin möglich, dafs, wenn man dem Chlorwasser die Gelegenheit verschafft, 10679 Wärmeeinheiten für 9 Grm. aufzunehmen, es zersetzt werde; doch glaube ich nicht, dafs dieses Verhalten auf die Lichtmessungen von Einflufs sey. Hr. Prof. Dr. Jolly hatte die Güte, mich darauf aufmerksam zu machen, nachzusehen, ob nicht die durch das Licht eingeleitete Veränderung des Chlorwassers sich im Finstern fortsetze, ähnlich wie Becquerel es bei mehreren Substanzen gefunden hat; doch gaben meine Versuche auch hier ein negatives Resultat. Sollte eine solche Aenderung, die aber dann innerhalb meiner Beobachtungsfehler fällt, wirklich vorhanden seyn, so kann man ihr dadurch ausweichen, dafs man, wie ich es in den vorstehenden Versuchen machte, das Chlorwasser alsbald nach Beendigung des Versuches mifst. Ist aber diese Nachwirkung einem nicht alsbald eingetretenen Einflusse des Lichtes zuzuschreiben, so mufs sie jedenfalls innerhalb einiger Tage aufhören; sie kann nicht ohne Ende dauern, und man müfste dann das Chlorwasser erst einige Tage später untersuchen; doch ist diese Nachwirkung jedenfalls gering.

Gerne hätte ich auch die Aenderung des Chlorwassers bei verschiedenen Intensitäten des Lichtes untersucht, denn hier mufs jedenfalls auch eine Regelmäfsigkeit vorhanden seyn, die ich dann zur Controle der Ableitungsweise von n hätte benutzen können. In verschieden hellen von der Tageshelle beleuchteten Localen läfst dieser Versuch sich nicht machen, da ja die Verschiedenheit erst durch die Aenderung des Chlorwassers bestimmt werden soll, und man, wenn auch zwei Locale in ihrer optischen Helligkeit verglichen werden, nicht wissen kann, ob diese der chemischen Helligkeit proportional sey. Es blieb sohin nichts

übrig, als nach dem bekannten Satze, dafs die Helligkeit abnehme, wie das Quadrat der Entfernung von der Lichtquelle wächst, den Versuch bei künstlichem Lichte zu machen; allein das Chlorwasser änderte sich nicht bemerkbar, sey es, dafs die von der Lampe ausgehenden chemischen Strahlen nicht durch Glas gehen, sey es, dafs die Versuchsdauer (6^h) zu kurz war.

Wohl zu berücksichtigen ist die Einwirkung des Chlors auf Wasserdampf. Wenn das Wasser die Luftform annehmen soll, mufs bekanntlich 1 Grm. 550 Wärmeeinheiten aufnehmen; aber seine Bestandtheile hängen nun um diese Wärme weniger zusammen, und wenn nun noch Chlor im Lichte darauf einwirkt, so geht die Zersetzung rascher vor sich als bei dem tropfbarflüssigen Wasser. Ich stellte hierüber Versuche mit verschieden gefüllten Gläsern an, und erhielt nachstehende Resultate.

No.	Füllung.	*S.*	*s.*
14.	$\frac{1}{1}$	3,7201	3,0850
	$\frac{1}{2}$	3,7201	2,5297
	$\frac{1}{4}$	3,7201	1,9165
15.	$\frac{1}{1}$	2,3423	1,4372
	$\frac{1}{4}$	2,3423	1,0904
16.	$\frac{1}{1}$	3,5135	2,4046
	$\frac{1}{2}$	3,5135	1,6955
	$\frac{1}{4}$	3,5135	1,3176

Es folgt hieraus, dafs die dem Lichte ausgesetzten Gläser möglichst voll seyn müssen. Was die Genauigkeit meiner Versuche anbelangt, so gestehe ich hiermit, dafs dieselbe nicht so grofs ist, als ich gewünscht hätte. Ich stellte die Messungen in der Weise an, dafs ich 60 Grane der Arseniklösung abwog und dann soviel Chlorwasser hinzusetzte, bis die Farbe verschwunden war, worauf ich wieder wog. Meine Waage ging auf $\frac{1}{2}$ Gran genau. Denn eine bessere Waage darf man doch einer Chloratmosphäre nicht wohl aussetzen; es war daher die mögliche Fehlergröfse $\frac{1}{120}$.

Zu

Zu 60 Gr. Probeflüssigkeit brauchte ich im Mittel das 4 bis 5fache Chlorwasser, und setzt man, dafs wohl auch ein Tropfen zu viel oder zu wenig in das Glas gekommen seyn dürfte, so wird sich eine mögliche Fehlergränze von $\frac{1}{60}$ herausstellen.

Die Gröfse n ist abgesehen von den Beobachtungsfehlern sicherlich zu klein. Es fehlt zur Zeit eine Arbeit, die uns die Verhältnisse der Chemochrose, d. i. dessen in Bezug auf die chemischen Strahlen des Lichtes, was die Thermochrose in Bezug auf die Wärmestrahlen ist, wenigstens in der Vollkommenheit der Thermochrose Melloni's kennen lehrt, und ich mufste daher die Diachemansie des Glases gänzlich aufser Acht lassen. Wahrscheinlich wird das Glas nur einen Theil der chemischen Strahlen durchlassen, wie es auch nur für einen Theil der Wärmestrahlen durchgänglich ist. Bei Untersuchung dieser Eigenschaft des Glases dürfte sich dann ein Coëfficient ergeben, mit dem mein n zu multipliciren wäre, denn ich glaube, dafs das Sonnenlicht in unserer Breite im September und zur Mittagszeit in einer Höhe von 2200 Fufs, denn das ist die Erhebung meines Beobachtungsortes, stärker sey als 0,028 Wärmeeinheiten pro Minute. Man möge übrigens für jetzt meine Bestimmung gelten lassen; die erwähnte Correction kann ja später eingefügt werden.

Was die Bestimmung von v anbelangt, so glaube ich mich keinem Vorwurfe ausgesetzt zu haben, wenn ich annahm, dafs das Licht in einer geometrischen Progression abnehme, wenn der durchlaufene Raum in einer arithmetischen wächst. Es kann jedoch gegen meine Rechnung eingewendet werden, dafs ich die Diachemansie des Wassers aufser Acht gelassen habe. Ist diese nämlich nicht vollkommen, so wird auch dem Wasser ein Extinctionscoëfficient α zugelegt werden müssen, und in 2) ist dann für $1-e^{-vsx}$: $1-e^{-(\alpha+vs)x}$ zu setzen. Der Umstand, dafs in meinen Versuchen sich v immer gröfser herausstellt, je kleiner s wird, deutet wirklich darauf hin, dafs α nicht $=0$ sey,

wie in der Rechnung stillschweigend angenommen wurde; doch wage ich nicht auf Grund meiner Versuche hierüber zu entscheiden. Dieser allenfallsige Fehler hat jedoch auf meine Bestimmung von n keinen wesentlichen Einflufs, weil S nicht sehr viel wechselte. Gerne hätte ich diese Verhältnisse durch wiederholte Beobachtungen genauer untersucht; allein im September war ich daran verhindert und seitdem hatte ich keine Gelegenheit mehr, denn die Tage, an denen in der Mittagsstunde keine Wolke vor die Sonne tritt, sind nicht zahlreich im Jahre, am wenigsten aber im Winter, und die Veränderungen, welche die Helligkeit bei bewölktem Himmel erleidet, dürften durch eine mathematische Formel kaum oder gar nicht wiederzugeben seyn. Es möge darum der gegebene Werth einstweilen gelten, bis sich mir die Gelegenheit bietet, meine Versuche wieder vorzunehmen, um so mehr, da er schwerlich viel von der Wirklichkeit abweicht.

Was die Anwendung, die ich meinen Messungen gerne verschaffen möchte, anbelangt, so halte ich dieselbe namentlich für die Meteorologie nicht für unbedeutend. Man giebt sich gegenwärtig alle Mühe, die thermischen, elektrischen und magnetischen Verhältnisse unseres Erdballs genauer kennen zu lernen. Sollten die photochemischen Verschiedenheiten gar keiner Beachtung werth seyn? Man weifs gegenwärtig, dafs die Wärme auf den Erdmagnetismus einen bedeutenden Einflufs ausübt; da aber das Licht die Wärme vertreten kann, ist ein ähnlicher Einflufs auch bei diesem möglich. Die Pflanze ist in ihren verschiedenen Phasen eine Function von Wärme, Licht, Bodenbestandtheilen, Wasser u. s. w. Quetelet hat nachgewiesen, dafs die Pflanzen zu ihrem Reifen u. s. w. gewisse Mengen von Wärme haben müssen, v. Liebig hat die Wichtigkeit der Bodenbestandtheile gezeigt. Wenn wir aber die Natur dieser Functionen kennen lernen wollen, so mufs auch das Licht mit bestimmt werden. Bekanntlich nehmen die Pflanzen im Lichte durch Kohlensäurezerlegung Kohlenstoff auf und verlieren ihn durch langsame Verbrennung wieder

theilweise. Es ist dieses mit die Ursache des Blätterfalls, denn wenn das Blatt bei zunehmender Nacht und abnehmendem Lichte weniger Kohlenstoff aufnimmt als verliert, so wird es gelb und fällt ab. Allerdings wirkt hier auch wohl die Wärme, allein ein Hauptfactor mufs doch das Licht seyn, denn das Gelbwerden hängt nur vom Lichte ab. Ein erfrorenes Blatt bleibt grün und fällt nicht ab. Bei frühen Frösten findet man, dafs die jungen saftigen Blätter am leichtesten erfrieren, während im Spätherbste die älteren und nicht an der Spitze der Zweige stehenden zuerst gelb werden, was man z. B. an den Linden sehr leicht erkennen kann. Wie grofs mufs der tägliche Lichtzuschufs seyn, dafs die Blätter nicht abfallen? So giebt es hier eine Menge von Verhältnissen, deren genauere Erkenntnifs nur mit Hülfe photochemischer Messungen möglich ist.

Was einer allgemeineren Anwendung photochemischer Messungen im Wege steht, ist deren Unbequemlichkeit. Ein feser Körper läfst sich hiezu nicht verwenden, weil die in der ersten Versuchszeit veränderte äufserste Schicht die untenliegenden vor dem Lichte schützt; man mufs daher eine Flüssigkeit haben, und von diesen ist mir keine bekannt, die empfindlicher und quantitativ leichter zu bestimmen wäre, als das Chlorwasser. Feste Körper lassen sich übrigens verwenden, wenn man sie mit Chlorwasser vergleicht, denn wenn man z. B. photographisches Papier und Chlorwasser zu gleicher Zeit dem Lichte aussetzt, kann man nachträglich die Aenderungen beider vergleichen, und so durch Anschaffung einer verschiedenen Zeiten entsprechenden Vergleichstafel noch Unterabtheilungen bestimmen, die mit Chlorwasser direct nicht gemessen werden könnten. Eine Hauptunbequemlichkeit des Chlorwassers ist seine schwierige Conservirung; doch läfst diese sich dadurch umgehen, dafs man es jederzeit *ex tempore* macht. Anwesenheit von Salzsäure ist indifferent, und Chlorwasser, aus Zusammenschütten von Chlorkalkwasser und reiner Salzsäure hergestellt, ist ebenso brauchbar, als wenn es durch Absorption des Gases in Wasser erhalten wäre, wenig-

stens dann, wenn der Weg des Lichtes durch dasselbe nicht weit ist, wie ich mich durch wiederholte Versuche überzeugte; nur ist hiebei nothwendig, dafs man nicht zu wenig Chlorwasserstoff nehme, weil man sonst unzersetzten Chlorkalk in Lösung haben kann: auch ist dann das spec. Gewicht der Lösung nicht mehr $= 1$.

Als die angemessenste Stärke des Chlorwassers habe ich die zwischen 1 und 4 gefunden; denn ist es stärker als 4, so verliert man, namentlich in der warmen Jahreszeit, bei dem unvermeidlichen Umgiefsen eine nicht unbeträchtliche Menge von Chlor, während man bei zu schwachem Chlorwasser keine so präcise Entfärbung der Arsenikflüssigkeit wahrnimmt. Es kommt dann allerdings auf ein Paar Tropfen Chlorwasser mehr oder weniger nicht mehr so viel an; allein es ist immer ein bängliches Gefühl, wenn man schüttet, und weifs nicht, ob man aufhören soll oder nicht. Ich suchte es darum bei der Bestimmung von n und v zu vermeiden unter letztere Gränze herabzugehen. Die Arseniklösung bereitete ich aus 60 Gr. AsO^3, welche mit Chlorwasserstoff und Wasser 10 Unzen Lösung gab und mit Zurechnung der Indigolösung erhielt ich bei Anwendung von 60 Gr. Probeflüssigkeit die Stärke des Chlorwassers durch die Gleichung $S = \frac{632,43}{m}$ in der m das Gewicht des verwendeten Chlorwassers bedeutet. Da die Indigolösung immer eine verschiedene ist, mufs ihr Werth bei der jedesmaligen Bereitung von Probeflüssigkeit besonders bestimmt werden. Es dürfte wohl häufig gut seyn, sich statt der Wägung der Titrirmethoden zu bedienen, die wenn die Röhren gut gearbeitet sind, eine sehr grofse Genauigkeit zulassen.

X. *Ueber die durch Berührung ungleich warmer Körper hervorgebrachten Erzitterungen und Töne; von John Tyndall;*

Professor der Physik an der *Royal Institution* in London.

(Mitgetheilt von Hrn. Verf. aus den *Philosoph. Transact. f.* 1854.)

Im Jahre 1805 hatte der Anrichter Schwarz, auf der Seigerhütte zu Hettstädt (*Inspector of one of the smelting-works of Saxony*), eine eben in einer Pfanne erstarrte Silberscheibe zum schnelleren Abkühlen auf einen kalten Ambofs gelegt, als zu seiner Verwunderung Töne von derselben ausgingen, die er mit denen einer Orgel verglich. Das Gerücht von dieser Entdeckung erregte die Neugier des Prof. Gilbert, Herausgebers der nach ihm benannten Annalen, und er machte daher im Herbste desselben Jahres eine Reise nach erwähnter Hütte. Hier erfuhr er dafs das tönende Silberstück plan-convex (*cup-shaped*) war, 3 bis 4 Zoll im Durchmesser und einen Zoll in Dicke hielt. Gilbert selbst wiederholte den Versuch unter Leitung des Schwarz. Er hörte deutlich einen Ton, aber keinen, der sich mit einem Orgelton hätte vergleichen lassen. Er fand auch, dafs der Ton von einem Zittern der Metallmasse begleitet war, und dafs, wenn diese Erzitterungen aufhörten, auch der Ton verschwand. Er begnügte sich übrigens das Phänomen zu beschreiben, ohne einen Versuch zur Erklärung desselben zu machen [1]).

Im Jahre 1829 war Hr. Arthur Trevelyan beschäftigt, Pech mittelst eines Pflastereisens auszustreichen, und da er einst das Eisen zu heifs fand, legte er es quer gegen einen Bleiblock, der zufällig zur Hand war. Kurz darauf hörte er einen schrillenden Ton, ähnlich dem der kleinen Northumberland-Pfeife, eines Instruments, welches der Förster seines Vaters zu spielen pflegte. Unbekannt mit der Ursache des Tons, glaubte er der Förster spiele

1) Vergl. Gilbert's Annal. Bd. 22, S. 323. (*P.*)

draufsen; allein als er hinausging, war der Ton verschwunden, während er ihn drinnen wieder hörte wie zuvor. Endlich fiel seine Aufmerksamkeit auf das heifse Eisen; er fand es in Erzitterungen begriffen und entdeckte somit die Ursache dieser seltsamen Musik. Im Jahre 1830 kam er nach Edinburgh und erwähnte der Thatsache gegen Dr. Reid. Dieser, unbekannt mit dem, was Schwarz und Gilbert früher beobachtet hatten, hielt die Erscheinung für neu, und rieth Hrn. Trevelyan, sie näher zu untersuchen. Hr. Trevelyan that es. Unter Anderem entdeckte er, welche Form der vibrirenden Masse (dem Wackler, *rocker*) zu geben sey, um den Effect mit Leichtigkeit und Sicherheit zu erhalten. Die Resultate seiner zahlreichen und wohl durchgeführten Versuche sind der K. Gesellschaft zu Edinburgh mitgetheilt und später in deren *Transactions* gedruckt worden [1]).

Am 1. April 1831 machte Prof. Faraday diese Erzitterungen und Töne zum Gegenstand seiner Freitags-Abend-Vorlesung in der *Royal-Institution.* Der folgende Auszug aus dem *Journal of the R. Institution, Vol. II, p.* 120, lehrt uns die Ansichten dieses Physikers über die Ursache der Töne kennen. »Da die Töne offenbar von den raschen Schlägen des Wacklers (*rocker*) herrühren, so besteht die Schwierigkeit alleinig darin, die wahre Ursache der Kraft aufzufinden, welche den Wackler in Bewegung hält, so lange zwischen ihm und dem darunter liegenden Bleiblock ein bedeutender Temperatur-Unterschied vorhanden ist.« Diese Kraft setzt Prof. Faraday in eine Ausdehnung und Zusammenziehung, wie es Prof. Leslie und Hr. Trevelyan im Allgemeinen schon gethan hatten. Allein er entwickelt näher, auf welche Weise, seinen Ansichten zufolge, solche Ausdehnungen und Zusammenziehungen den Effect hervorbringen könnten...... Die Ueberlegenheit des Bleis, als kalten Metalls, erklärt er aus dessen grofser Ausdehnbarkeit durch Wärme, verbunden mit seinem geringen Leitungsvermögen, welches nicht ein Fünftel von

1) Vergl. diese Ann. (1832) Bd. 24, S. 466 u. ff. (*P.*)

dem des Kupfers, Silbers oder Goldes ist; so dafs sich bei ihm weit mehr als bei den letzteren Metallen die Wärme in dem Berührungspunkt anhäuft und eine verhältnifsmäfsig gröfsere Ausdehnung bewirkt [1]).

Professor J. D. Forbes war bei dieser Vorlesung zugegen, und, wie es scheint, wurde er dadurch veranlafst, den Gegenstand einer ferneren Untersuchung zu unterwerfen. Die Resultate derselben wurden der K. Gesellschaft zu Edinburgh am 18. März und 1. April 1833 mitgetheilt. Er weicht von der durch Prof. Faraday aufgestellten Erklärung ab. Die Schwingungen, behauptet er, seyen ihrer Existenz nach abhängig von dem Temperatur-Unterschied der beiden im Contact stehenden Flächen; wenn demnach die Wärme sich an der Oberfläche des kalten Metalls anhäufe, so habe sie die Wirkung, beide Flächen auf eine gemeinsame Temperatur zu bringen und damit die Schwingung zu hemmen, statt sie zu verstärken, wie Prof. Faraday meine. Wenn ferner das Phänomen von Ausdehnung herrührte, müfste der Effect desto gröfser seyn, je gröfser die Ausdehnung wäre; allein die Ausdehnung hänge ab von der Wärmemenge, die vom heifsen Wackler zum kalten Block während der Berührung übergehe, und diese sey wiederum abhängig von der Leitungsfähigkeit des Blocks, so dafs der Block, um den gröfsten Effect hervorzubringen, nicht ein schlechter Leiter, sondern der möglich beste seyn müfste. Die Idee einer Anhäufung der Wärme an der Oberfläche sey der Wirkung günstiger als eine rasche Communication mit dem Innern, welche Prof. Forbes als ein »offenbares Versehen« betrachtet [2]).

Nachdem er so, allem Anscheine nach, die bis dahin aufgestellten Ansichten umgestürzt hat, schreitet Prof. Forbes zur Gründung seiner eigenen Theorie. Seine Versuche führen ihn zur Aufstellung gewisser »allgemeiner Gesetze« und diese laufen in den noch allgemeineren Schlufs zu-

1) Vergl. Ann. Bd. 24, S. 470. (*P.*)

2) *Philosoph. Magaz. Ser. III. vol. IV. p.* 15 *et* 182. (Ann. Bd. 33, S. 553).

sammen: »dafs beim Uebergange der Wärme von einem Körper zu einem anderen von geringerer Leitungsfähigkeit eine abstofsende Wirkung ausgeübt werde.« Diese Abstofsung betrachtet Prof. Forbes als eine neue mechanische Thätigkeit der Wärme, und erwähnt dabei Fresnel's merkwürdige Versuche über die gegenseitige Abstofsung heifser Körper im Vacuo als direct damit zusammenhängend.

Das war anscheinend der schwebende Zustand der Aufgabe, als meine Aufmerksamkeit im letzten Sommer auf sie hingelenkt ward. Die Möglichkeit der vom Prof. Forbes aufgestellten Erklärung, welche eine nähere Kenntnifs der inneren Natur der Wärme selbst zu versprechen schien, war ein starker Reiz zur Untersuchung. Ich wufste nicht, bis mich mein Freund der Prof. Magnus davon unterrichtete, dafs A. Seebeck den Gegenstand fernerweitig untersucht und die Faraday'sche Schlüsse bestätigt hatte [1]). Beim Lesen des interessanten Aufsatzes von Seebeck fand ich, dafs er bereits viele der Resultate erhalten hatte, welche ich erst zu erlangen suchte; defsungeachtet bot der Theil des Gegenstandes, welcher unberührt geblieben, hinreichendes Interesse dar, um mich zur Verfolgung meiner ursprünglichen Idee anzuspornen.

Ich beabsichtige in gegenwärtiger Abhandlung die experimentelle Basis derjenigen Gesetze zu untersuchen, welche nach Prof. Forbes Dafürhalten das Daseyn »einer neuen Thätigkeit der Wärme« feststellen; und da ich wünsche, jeden Experimentator in den Stand zu setzen, die zu beschreibenden Resultate zu prüfen, so werde ich jeder Versuchsreihe eine hinreichend genaue Beschreibung der angewandten Instrumente hinzufügen.

Das erste der vom Prof. Forbes aufgestellten allgemeinen Gesetze ist: »*Die Schwingungen finden niemals zwischen Substanzen gleicher Natur statt.*« Sehen wir, ob diefs Gesetz die Probe des Experiments bestehe.

1) Siehe Annalen Bd. 51, S. 1. (P.)

I. Eiserner Wackler (*Iron Rocker*).

Fig. 13 Taf. VII ist eine Skizze dieses Wacklers; die Länge *AC* beträgt 5,1 Zoll, die Breite *AB* 1,85 und die Länge des Stiels *EF* 12 Zoll. Fig. 14 ist ein Querschnitt desselben, welcher die untere Rinne zeigt; die Dicke *SN* beträgt 0,5 Zoll. Die Basis *rt* hält 0,35 Zoll und ist in drei gleiche Theile getheilt, von denen der mittlere die Rinne einnimmt und die beiden anderen auf der Unterlage ruhen. Fig. 15 ist die untere Ebene des umgekehrten Wacklers. Die Räume *K* (Fig. 13) und *mnop* (Fig. 15) bleiben einstweilen aufser Betracht.

1. Eine dünne Messerklinge wurde in einem Schraubstock befestigt, so dafs ihr Rücken horizontal war. Auf diesen Rücken wurde der Wackler gelegt und dessen Stiel schicklich unterstützt. Nach Anstofsen des Wacklers begann ein lauter, musikalischer Ton, welcher eine beträchtliche Zeit anhielt.

2. Statt der Messerklinge wurde ein Stück Eisenblech von $\frac{1}{40}$ Zoll im Schraubstock befestigt und der heifse Wackler auf den Rand dieses Blechs gelegt. Angestofsen zeigte der Wackler Vibrationen, in Begleitung eines musikalischen Tons, wie zuvor.

3. Bei Wiederholung des Versuchs mit einem Eisenblech von $\frac{1}{100}$ Zoll Dicke wurde ein noch besserer Ton erhalten. Ruhte dagegen der Wackler auf einem *Eisenblock*, so waren die Vibrationen nicht anhaltend.

II. Kupferner Wackler.

Die Stücke *K* und *mnop* (Fig. 13 und 15 Taf. VII) sind fest an die Eisenfläche geschraubte Kupferplatten. Auf diese Weise verrichtet ein einziger Wackler den Dienst von zweien.

1. Eine Kupferplatte von $\frac{1}{60}$ Zoll Dicke wurde, wie vorhin, im Schraubstock befestigt und der Wackler mit seinem kupfernen Theil darauf gelegt. Ein sanfter Stofs an den Wackler erregte sogleich einen starken und anhaltenden Ton.

2. Darauf wurde im Schraubstock ein Stückchen Kupferfolie befestigt; sie war fast so biegsam wie starkes Propatria-Papier (*Foolscap paper*) und um ihr Steife zu geben, liefs man sie nur sehr wenig über den Schraubstock hervorragen. Bei einiger Sorgfalt erhielt ich stärkere und musikalischere Töne als in den früheren Fällen.

3. War der Wackler auf einen *Kupferblock* gelegt, so entstand kein Ton, und es fand sich, dafs die Schwierigkeit, einen Ton zu erlangen, mit der Dicke der angewandten Platte zunahm.

4. Statt der Platte wurden zwei $\frac{1}{25}$ Zoll dicke und spitz gefeilte Kupferdrähte etwa $\frac{1}{8}$ Zoll auseinander im Schraubstock befestigt. Der Wackler wurde mit der Oberseite nach unten gewendet, so dafs die ebene Kupferfläche *K* auf den Drähten ruhte, wie in Fig. 16. Auf diese Weise wurden kräftige Vibrationen erhalten.

III. Messingener Wackler.

1. Ein Stück Messingröhre wurde im Schraubstock befestigt und ihre Cylinderfläche mit einer feinen Feile gereinigt. Auf die Röhre legte man einen messingenen Wackler von gleichen Dimensionen wie der in Fig. 13 Taf. VII abgebildete. Angestofsen gab er fortdauernde Vibrationen.

2. Noch stärkere und anhaltendere Vibrationen erhielt man, als statt der Röhre, ein Messingblech von $\frac{1}{100}$ Zoll Dicke im Schraubstock befestigt, der Wackler auf den Rand desselben gelegt und angestofsen wurde.

3. Bei Wiederholung des Versuchs mit einer Platte von doppelter Dicke wurden deutliche Vibrationen erhalten. Es fand sich auch hiebei, dafs die Effecte desto entschiedener waren, je dünner die Platte innerhalb ihrer Steifigkeitsgränze war. Auf einen *Messingblock* gelegt, gab der Wackler keine anhaltende Vibrationen.

4. Umgewendet, mit seiner flachen Seite auf die Spitzen zweier Stecknadeln gelegt, gerieth der Wackler in anhaltendes Zittern.

IV. Silberner Wackler.

Diefs Instrument war gebildet, indem an den zu den letzten Versuchen benutzten Messingwackler ein Stück Silber befestigt worden, ganz wie das Kupferstück *mnop* an den Eisenwackler Fig. 13 Taf. VII. Das Silber nahm Theil an der allgemeinen Gestalt der Unterfläche des Wacklers, indem es zu beiden Seiten der durch seine Mitte gehenden Rinne abgeschrägt worden war.

1. Ein Silberstreif von etwa $\frac{1}{100}$ Zoll Dicke wurde im Schraubstock befestigt und der Wackler mit seinem silbernen Theil auf den Rand dieses Streifens gelegt. Nach Erschüttern des Wacklers liefs sich ein schöner sanfter musikalischer Ton hören.

2. Ein neues Halb-Kronen-Stück wurde in den Schraubstock gespannt und der Wackler auf den geprägten Rand desselben gelegt. Es erfolgten aber keine anhaltende Erzitterungen. Ebenso verhielt es sich mit dem Rand eines Schillings. Auf dem Rande eines Sechs-Pfennig-Stücks wurde indefs ein schwaches, obwohl deutliches Vibriren erhalten.

3. Als die Ränder der Münzen dünn ausgehämmert wurden, erhielt man mit allen deutliche Vibrationen. Ich behaupte nicht, dafs es unmöglich sey, auf dem Rande einer halben Krone Vibrationen zu erhalten, sondern sage nur, dafs mit einem selben Wackler Vibrationen auf einem dünnen Silberrande, und nicht auf einem dicken erhalten wurden.

4. Bei Legung des Wacklers auf einen Silberblock von etwa zehn Unzen wurden keine anhaltende Vibrationen erhalten.

V. Zink-Wackler.

Dieser hat gleiche Gestalt und Gröfse wie der eiserne Wackler, Fig. 13 Taf. VII, nur ist seine Dicke *SN*, Fig. 14, kleiner und deshalb seine Masse leichter [1]).

1) Bessere Resultate werden erhalten, wenn man den Wackler noch leichter macht, dadurch dafs man die obere Fläche concav hobelt.

Gelegt auf den scharf gefeilten Rand eines sehr dünnen Zinkblechs gab er deutlich musikalische Töne; auf einem *Zinkblock* dagegen wollte er nicht anhaltend vibriren.

VI. Zinn-Wackler.

1. Ein Zinnkuchen, gebildet durch Ausgiefsen des geschmolzenen Metalls auf eine glatte ebene Fläche, wurde erhitzt und auf zwei kleinen Vorsprüngen eines zweiten Stücks desselben Metalls balancirt. Sogleich erfolgten fortdauernde Erzitterungen. Ich traf die Masse zufällig in einem Laboratorium an, und da ich ohne ihre Form zu ändern Vibrationen bekam, so hielt ich es nicht für nöthig, einen regelmäfsigen Wackler daraus zu verfertigen, um die Wirkung zu verstärken.

Ohne Zweifel kann die Zahl der Metalle, mit denen sich diese Wirkung erhalten läfst, sehr vergröfsert werden. Bisjetzt haben wir sie erhalten mit

Eisen auf Eisen
Kupfer auf Kupfer
Messing auf Messing
Silber auf Silber
Zink auf Zink
Zinn auf Zinn

und diese Fälle sind, glaube ich, hinreichend zu zeigen, *dafs das erste allgemeine Gesetz des Prof. Forbes die Probe der Erfahrung nicht besteht.*

Schon Seebeck hat die Unhaltbarkeit dieses Gesetzes bewiesen. Seine Methode des Experimentirens ist in einigen der zuvor beschriebenen Fälle befolgt worden. Das Stellen des heifsen Wacklers auf zugespitzte Drähte ist seine Idee. Erzitterungen werden auf diese Weise sehr leicht erhalten, allein wenn *Töne* verlangt werden, wird, glaube ich, eine scharfe Kante im Allgemeinen vorzüglicher seyn.

Das zweite der vom Prof. Forbes aufgestellten allgemeinen Gesetze lautet: »*Beide Substanzen müssen metallisch seyn.*«

Dieses erregte meine Aufmerksamkeit zuerst; denn selbst zugegeben, die endliche Erklärung des Prof. Forbes sey richtig, so folgt doch daraus keineswegs die Nothwendigkeit dieses Gesetzes. Bevor ich die gegenwärtige Untersuchung eröffnete hatte ich gefunden, dafs Bergkrystall und Steinsalz die Wärme nicht viel, vielleicht gar nicht schlechter leiten als einige Metalle, und diefs liefs mich vermuthen, dafs diese Substanzen möglicherweise die Wirkung zeigen könnten, welche das obige Gesetz auf die Metalle beschränkt.

Meine ersten Versuche mifslangen aus Mangel an Empfindlichkeit, wie es bei ersten Versuchen gewöhnlich ist. Allein eine geringe Uebung führte mich auf die Mittel, dem Wackler den erforderlichen Grad von Beweglichkeit einzuprägen. Quarzkrystalle wurden so geschnitten, dafs, wenn der Wackler auf sie gelegt worden, eine sehr geringe Kraft hinreichte, ihn in Schwingungen zu versetzen. Auf diese Weise hatte ich die Genugthuung, mit einem auf Bergkrystall gelegten Messingwackler deutliche Vibrationen zu erhalten.

Ich übergehe, genauer anzugeben, in welcher Weise die Krystalle geschnitten waren, da die fernere Erfahrung lehrte, dafs die Erscheinung ohne Schwierigkeit und ohne alle künstliche Vorbereitung erhalten wird. Ich will nun die mit nicht metallischen Körpern erhaltenen Resultate beschreiben:

Bergkrystall. — Der schon beschriebene Messingwackler wurde erhitzt und auf eine der natürlichen Kanten des Prismas gelegt. Der Stiel wurde von einem Messerrücken getragen, so dafs der Wackler fast horizontal lag. So wurde ein starker Ton erhalten.

Es erfolgten auch Vibrationen, als der Wackler auf eine der Kanten der das sechsseitige Prisma zuschärfenden Pyramide gelegt war. — Die Wiederholung der Versuche mit Rauchtopas ergab das nämliche Resultat.

Flufsspath. — Ein kleinerer Wackler als der zuletzt gebrauchte erwies sich für diesen Zweck am besten. Die

A C und *A B* Fig. 13 Taf. VII entsprechenden Dimensionen mafsen respective 3,8 und 1,25 Zoll, während die Dicke nahe oder ganz dieselbe war. Als dieser Wackler auf eine natürliche Kante des kubischen Krystalls gelegt wurde, entstand sogleich ein klarer und melodiöser Ton. Starke Vibrationen gab auch der gröfsere Wackler, aber keinen so klaren Ton. — Es wurde eine Ecke des Würfels abgespalten, um eine Octaëderkante blofs zu legen; auch auf dieser Kante wurden Vibrationen erhalten.

Festungs-Achat. — Deutliche Vibrationen und Töne wurden mit dem grofsen Messingwackler erhalten. Zuweilen fand ich es zweckmäfsig die Schwingungszeit zu vergröfsern dadurch, dafs ich einen dünnen, an beiden Enden mit kleinen Knöpfen versehenen Messingstab quer auf den Wackler legte, — ein Verfahren, welches glaube ich von Hrn. Trevelyan herstammt. Bei diesem Verfahren vibrirte der Wackler im vorliegenden Fall fast eine halbe Stunde lang, und als er aufhörte, war er unter die Siedhitze des Wassers herabgesunken.

Steinsalz. — Der im vorigen Versuch gebrauchte Wackler wurde bei Seite gelegt und ein Stück Steinsalz zum Versuch vorbereitet. Aus der Masse wurde ein Würfel abgespalten und dieser so gelegt, dafs die gerade Linie, welche aus dem Durchschnitt zweier Würfelflächen gebildet wird, horizontal war. Ehe ich den Wackler erhitzte, legte ich ihn üblichermafsen auf die Masse, blofs um zu ermitteln, ob die Vorrichtung ihrem Zweck entspräche. Zu meinem Erstaunen begann sogleich ein tiefer musikalischer Ton. Die Temperatur des Wacklers war dabei weit unter der Siedhitze des Wassers, und als er seinen Gesang beendet hatte, besafs er kaum mehr als Blutwärme.

Der heifse Wackler wurde auf einen grofsen Klumpen des Salzes gelegt; sogleich fing er zu singen an. Ich kenne kaum eine metallische oder nicht-metallische Masse, mit welcher die Vibrationen leichter und sicherer zu erhalten wären als mit Steinsalz. Den merkwürdigen Eigenschaften,

welche Melloni an diesem Minerale aufgefunden hat, ist sonach eine neue hinzugefügt.

Aventurin. — Ich ward veranlafst, diefs Mineral zu versuchen, da ich ein Stück antraf, welches eine reine scharfe Kante besafs. Der grofse Messingwackler heifs auf diese Kante gelegt, gab einen entschiedenen Ton.

Schwefelsaures Kali. — Dieser künstliche Krystall erfordert Vorsicht, da er bei plötzlicher Mittheilung der Wärme leicht in Stücke zerspringt. Mit gehöriger Vorsicht gab er zwar schwache, aber wohl ausgebildete Vibrationen.

Onyx. — Ein deutlicher Ton.

Turmalin. — Nach manchen Versuchen erhielt ich eine fortdauernde Vibration und einen leisen Ton.

Versteinertes Holz. — Es wurden zwei verschiedene Arten untersucht und mit beiden deutliche Töne erhalten.

Band-Achat. — Starke und anhaltende Vibrationen, als der Wackler sehr heifs war.

Chalcedon. — Lautes und lang anhaltendes Klopfen auf einen Knopf von diesem Mineral.

Glas. — Entschiedene Vibrationen auf dem glatten abgerundeten Rande des Fufses eines Trinkglases. Hr. Trevelyan glaubte, dafs er einmal Vibrationen auf Glas erhalten hatte, allein Prof. Forbes bezweifelte es. Diefs ist, meines Wissens, der einzige bisher angeführte Versuch mit nicht-metallischen Körpern.

Steingut. — Auf dem Rande eines Tellers wurde ein schwacher und bald verschwindender Ton gehört.

Flintglas. — Ein entschiedener Ton, doch kein so starker als der mit Bergkrystall erhaltene.

Lydischer Stein. — Permanente Vibrationen.

Heliotrop. — Ein dauerhafter Ton.

Kalkspath. — Zum Experimentiren mit diesem Krystall war, wie sich fand, ein leichterer Wackler als die bisher angewandten nothwendig. Die Masse ist weich und wird leicht zerschlagen vom Wackler, wenn er zu schwer ist.

Mit einem geeigneten Instrument wurde ein anhaltender schwacher Ton erhalten.

Rother Hämatit. — Mehrere Exemplare dieses Minerals gaben deutliche Töne.

Speifskobalt. — Ein starker Ton.

Meteoreisen von Mexico. — Ein leiser musikalischer Ton.

Diese Liste liefse sich leicht erweitern. Die in ihr aufgeführten Substanzen wurden gewählt, weil sie zufällig die für den Versuch günstigen Bedingungen darboten. Die hauptsächlichste darunter ist: eine reine ebene Kante. Mehre der Minerale besafsen solche Kanten durch den Schliff, andere von Natur. Beim Chalcedon wurde der Wackler auf einen runden Knopf gelegt. Beim Turmalin diente einer der Grate, die gewöhnlich auf der Oberfläche des Prismas entlang laufen, als Stützpunkt. Beim Glase und Steingut waren die Flächen glatt und abgerundet. Im Allgemeinen fand ich jedoch eine ebene Kante am besten. Mit einer solchen Kante und mit Wacklern wie die beschriebenen, wird man keine Schwierigkeit finden, diese Versuche zu wiederholen und zu erweitern.

Gewöhnlich kann man den Knopf am Ende des Stiels des Wacklers auf einer ebenen Fläche ruhen lassen, während das Instrument selbst in der Quere gegen den Träger liegt. Bei empfindlichen Versuchen halte ich jedoch für besser, den Stiel durch einen Messerrücken zu unterstützen, und den Wackler ganz oder beinahe horizontal zu legen.

Mit Ausnahme der drei letzten Substanzen, welche vielleicht mit einigen Grund als metallische betrachtet werden können, finden wir die Ausnahmen von dem erwähnten Gesetz in einer Anzahl, welche die im Aufsatz des Prof. Forbes angeführte bei weitem übertrifft. *Diese Ausnahmen beweisen, dafs auch das zweite Gesetz unhaltbar ist.*

Das dritte Gesetz lautet: *Die Vibrationen geschehen mit einer (innerhalb gewisser Gränzen) dem Unterschiede des Wärmeleitungsvermögens der Metalle proportionalen Intensität, und das Metall vom schwächeren Leitungsvermögen mufs nothwendig das kältere seyn.*

Die

Der gegen die Gültigkeit des ersten Gesetzes beigebrachte Beweis scheint auch dieses dritte umzustürzen. Denn, wenn die Vibrationen einem Unterschiede im Leitungsvermögen des Wacklers und des Trägers zuzuschreiben wären, müfsten, wo kein solcher Unterschied vorhanden ist, auch keine Vibrationen erfolgen. Allein wir haben in einem halben Dutzend von Fällen gezeigt, dafs Vibrationen entstehen, wenn Wackler und Träger von gleichem Metalle sind. Dieselben Thatsachen rauben dem letzten Theil des dritten Gesetzes alle Bedeutung.

Ich will jedoch ein Paar Versuche anführen, in welchen die vom Prof. Forbes für nothwendig gehaltenen Bedingungen umgestürzt waren und defsungeachtet die Erscheinung eintrat.

1. Silber steht unter den Wärmeleitern oben an. Es wurde ein kupferner Wackler auf den Rand einer dünnen Silberplatte gelegt, und es erfolgten starke musikalische Töne.

2. Starke Vibrationen wurden erzeugt, als man einen messingenen Wackler auf dieselbe Silberplatte gelegt hatte.

3. Der eiserne Wackler gab einen schwachen, aber deutlichen Ton.

4. Gold ist ein besserer Leiter als Messing, und dennoch wurden starke Vibrationen erhalten, als ein heifser Messingwackler auf den Rand eines Halb-Sovereign-Stückes gelegt war.

Diese Versuche sind, glaube ich, hinreichend, die Ungültigkeit des dritten Gesetzes zu erweisen.

Im Verfolge seiner Untersuchung entdeckte Prof. Forbes, »dafs wenigstens zwei Metalle, nämlich Antimon und Wismuth, in jeglicher Lage vollkommen unthätig seyen.« In Bezug zu der gegebenen Erklärung, dafs die Effecte herrühren von der mechanischen Abstofsung, welche die Wärme bei ihrem Uebergang von einem guten Leiter zu einem schlechten ausübe, bietet die Unthätigkeit der beiden erwähnten Metalle eine grofse Schwierigkeit dar. Beim Nachdenken über den Gegenstand, fiel mir ein, dafs wenn man eine Wismuth- oder Antimonmasse so schnitte, dafs

die Ebene der leichtesten Spaltbarkeit vertical stände, die höhere Leitungsfähigkeit, welche die Masse wahrscheinlich in Richtung dieser Spaltbarkeit besitze, die Entstehung von Vibrationen begünstigen möchte. Ich schnitt ein solches Stück aus einer Antimonmasse und befestigte es in einem Schraubstock, so dafs die horizontale Kante, auf welcher der Messingwackler ruhte, winkelrecht war gegen die Flächen des Haupt-Blätterdurchgangs. Er erfolgten laute und anhaltende Vibrationen. Mit gleichem Erfolge wiederholte ich den Versuch beim Wismuth; und nach einiger Uebung fand ich, dafs die Maafsregel, die Substanzen in eben beschriebener Weise zu schneiden, völlig überflüssig war, indem sich Töne mit Leichtigkeit erhalten liefsen, in welcher Richtung auch die Massen geschnitten seyn mochten.

Wir haben sonach bewiesen, dafs Antimon und Wismuth wenigstens in der einen Lage thätig sind; allein das Antimon ist thätig als Wackelr und als Träger. Zwei unregelmäfsige Massen, die eine etwa ein Pfund, die andere fünf Pfund wiegend, wurden so zurecht gefeilt, dafs sie passende Flächen zum Wacklen darboten. Erhitzt und auf eine flache Bleimasse gelegt, vibrirten beide Massen anhaltend. Diese Versuche verstärken den schon gegen das dritte Gesetz erhobenen Einwurf. Denn das Antimon ist ein ebenso schlechter Leiter als das Blei und ersteres ist hier das *heifsere* Metall.

Diese Resultate scheinen der Theorie des Prof. Forbes alles Fundament zu nehmen. Nur *ein* Punkt bleibt noch zu betrachten übrig. Prof. Faraday schreibt die Ueberlegenheit des Bleies, als Trägers, seiner grofsen Ausdehnbarkeit durch Wärme und seinem geringen Leitungsvermögen zu. Gegen diese Ansicht argumentirt Prof. Forbes in der schon beschriebenen sinnreichen Weise. Es kann nicht geläugnet werden, dafs wenn das tragende Metall ein guter Leiter ist, eine gröfsere Menge Wärme während des Contacts in dasselbe eindringt, als wenn es ein schlechter Leiter ist. Es kann nicht geläugnet werden, dafs je gröfser die eingedrungene Wärmemenge ist, desto gröfser

die Ausdehnung seyn wird; und somit scheint der Schlufs unabweisbar, dafs, wenn das Vibriren von Ausdehnung herrührt, Wackler und Träger, bei Gleichheit aller übrigen Umstände, das Leitungsvermögen beide im höchst möglichen Grade besitzen müssen.

Angenommen also, die Effecte entstehen durch gewöhnliche Ausdehnung, so würde die Schlufsfolge des Prof. Forbes in ihrer streng logischen Form nachstehende seyn:

Je gröfser die Ausdehnung, desto gröfser der Effect; allein

je gröfser das Leitungsvermögen, desto gröfser die Ausdehnung; mithin

je gröfser das Leitungsvermögen, desto gröfser der Effect.

Diefs ist, allem Anscheine nach, folgerichtig. Eine kleine Unachtsamkeit im Gebrauche des Wortes »Ausdehnung« scheint jedoch dem Argument viel von seiner Kraft zu nehmen. In dem ersten Satze meint das Wort die Ausdehnung in *verticaler Richtung*, denn wenn diefs nicht gemeint wäre, würde der Satz unwahr seyn. In dem zweiten Satz bezieht es sich jedoch auf die *gesammte Ausdehnung* [1]). Gesetzt nun, die Leitungsfähigkeit des Trägers sey unendlich, d. h. die Wärmemenge, welche es vom Wackler während des Contactes empfängt, werde augenblicklich durch die ganze Masse gleichmäfsig verbreitet, so würde, obwohl die gesammte Ausdehnung sehr grofs seyn könnte, durchaus keine *örtliche* Ausdehnung stattfinden und deshalb auch keiner der in Rede stehenden Effecte auftreten. Die Ausdehnung, deren man bedarf, ist eine plötzliche Erhöhung des Punktes, worin der Wackler den Träger berührt, und es ist klar, dafs »eine rasche Communication mit dem Innern« durch plötzliche Fortnahme der Wärme von dem Punkt, dem sie mitgetheilt ist, die erforderliche Erhöhung fast vernichten und somit die Vibrationen verhindern kann. Diefs scheint genau der Grund zu seyn, weshalb es Prof. Forbes nicht gelang, die vielen vorhin

1) Seebeck gebraucht dasselbe Argument. (*J. T.*)

beschriebenen Resultate zu erhalten. Seine Träger waren von solcher Gestalt, dafs die den Berührungspunkt unmittelbar umgebende Masse die diesem Punkt mitgetheilte Wärme schnell absorbiren und somit die zum Vibriren nöthige Bedingung aufheben mufste. Der Erfolg der in dieser Abhandlung beschriebenen Versuche hängt ab von der Vorsicht, die Träger auf Schneiden und blofse Spitzen zu reduciren, damit die Entziehung der Wärme einigermafsen vermieden sey; und die Thatsache, dafs eine dünne Kante einen besseren Ton giebt als eine dickere, erhält dadurch ihre volle Erklärung. Diese Betrachtungen machen es, glaube ich, klar, dafs die vom Prof. Faraday bezeichnete Ursache der Ueberlegenheit des Bleies keineswegs ein »Versehen« (*oversight*) ist. Andererseits würde es nicht richtig seyn, allgemein zu behaupten, so wenig wie es vom eben erwähnten Physiker behauptet worden ist, dafs der Effect desto gröfser sey, je schwächer das Leitungsvermögen. Beim Glase und Steingut gehen die Vibrationen bald zu Ende, denn der erforderliche Temperatur-Unterschied zwischen Wackler und Träger, wie Prof. Forbes anticipirt, hört bald auf. Vollkommene Nichtleitungsfähigkeit würde ebenso unwirksam seyn wie vollkommene Leitungsfähigkeit, und die Region der practischen Resultate liegt zwischen diesen beiden Extremen.

Royal. Institution, Januar 1854.

XI. *Untersuchungen über das Wismuth; von R. Schneider.*

Sechste Abhandlung.

Ueber Selenwismuth und selenbasisches Chlorwismuth.

Ueber das Verhalten des Wismuths zum Selen war bis jetzt Nichts bekannt, als dafs, nach Berzelius [1]), beide Stoffe

1) Schweigg. Journal, Bd. 23, S. 439.

sich beim Erwärmen unter schwacher Feuererscheinung zu einer silberweifsen, im Bruche stark krystallinischen Masse vereinigen, die in der Rothglühhitze mit spiegelnder Oberfläche schmelzbar ist.

Diesen Angaben läfst sich nach einigen von mir angestellten Versuchen Folgendes hinzufügen. So leicht das Selen mit schmelzendem Wismuth vereinigt werden kann, so ist es doch schwierig, auf diesem Wege eine Verbindung zu erhalten, die genau nach der Formel $BiSe_3$ zusammengesetzt ist. Die Temperatur, bei der das Selenwismuth schmilzt, liegt so hoch, dafs dabei, wenigstens in offenen Gefäfsen, ein Theil des Selens schon wieder verflüchtigt und eine Substanz erhalten wird, die überschüssiges Wismuth enthält. Eine solche zeigte bei der Analyse einen Gehalt von 67,23 Proc. Wismuth, während die Formel $BiSe_3$ nur 63,63 Proc. verlangt; trotzdem hatte dieselbe auf frischen Bruchflächen das vollkommen gleichmäfsige Ansehen einer chemischen Verbindung. Es ist hiernach sehr wahrscheinlich, dafs ebenso wie das Schwefelwismuth auch das Selenwismuth in höherer Temperatur metallisches Wismuth aufzulösen vermag, welches beim Erstarren gleichmäfsig durch die ganze Masse des Selenmetalles vertheilt bleibt.

Nach der Formel $BiSe_3$ zusammengesetzt wird das Selenwismuth erhalten durch Zusammenschmelzen von 1 Aequivalent Wismuth mit 3 Aequivalenten Selen und nochmaliges Umschmelzen unter erneuertem Zusatze von Selen, bei möglichst abgehaltener Luft. Eine auf diese Weise dargestellte Substanz zeigte einen Gehalt von 63,71 Proc. Wismuth. Die Formel $BiSe_3$ verlangt folgende Zahlen:

			Gefunden.
Bi	= 2600	63,63 Proc.	63,71 Proc.
3Se	= 1485,84	36,37 »	
	4085,84.	100,00.	

Das Selenwismuth zeigt auf frischen Bruchflächen bei lichtstahlgrauer Farbe einen aufserordentlich lebhaften Metallglanz und ein deutliches krystallinisch blättriges Gefüge.

Es hat etwa die Härte des Bleiglanzes, ein spec. Gewicht von 6,82 und ist leicht zu einem grauen Pulver zerreihlich. Vor dem Löthrohre auf Kohle schmilzt es leicht, raucht unter Verbreitung des Selengeruchs, ertheilt der äufseren Flamme eine schöne azurblaue Farhe und giebt einen äufseren weifsen Beschlag von selenigsaurem Wismuthoxyd und einen inneren gelhen von Wismuthoxyd.

An der Luft erhitzt, verwandelt es sich unter Selenverlust (Verhreitung des Rettiggeruches) und Sauerstoffaufnahme in ein schwarzes glanzloses Pulver. Mit Salpeter geschmolzen, giebt es selensaures Kali und Wismuthoxyd. Von concentrirter Chlorwasserstoffsäure wird es, selhst heim Kochen, kaum bemerkbar angegriffen und unterscheidet sich dadurch wesentlich vom Schwefelwismuth. Durch Salpetersäure und Königswasser ist es leicht und vollständig zersetzbar, unter theilweiser Ausscheidung des Selens.

Bei der grofsen Aehnlichkeit, welche Selen und Schwefel in ihrem chemischen Verhalten zeigen, lag die Vermuthung nahe, dafs sich nach Analogie des vor einiger Zeit von mir [1]) beschriebenen schwefelbasischen Chlorwismuths eine entsprechende selenhaltige Verhindung werde hervorhringen lassen. Es hat sich diese Vermuthung, wie aus Folgendem hervorgeht, vollkommen hestätigt.

Trägt man in schmelzendes Ammonium-Wismuthchlorid pulverförmiges Selenwismuth ein, so wird dasselbe mit schön rothhrauner Farhe darin aufgelöst; man fährt fort zu erhitzen, his die ganze Masse in ein gleichmäfsiges Sieden gekommen ist und kein unverändertes Selenwismuth mehr darin bemerkt wird. Beim Erkalten scheiden sich durch die ganze Masse des erstarrenden Salzkuchens zahlreiche kleine Krystalle aus, die durch Behandeln mit verdünnter Salzsäure von dem üherschüssigen Chlorwismuth, in das sie eingelagert sind, befreit und durch Waschen zuerst mit stark verdünnter Salzsäure, dann mit Wasser

1) Diese Annal. Bd. 93, S. 464.

rein erhalten werden können. — Dieselben gaben bei der Analyse folgende Zahlen:

I. 1,006 Grm. gaben 0,721 Grm. Wismuthoxyd = 0,6464 Grm. = 64,254 Proc. Wismuth. Die Substanz wurde hierbei durch Schmelzen mit Salpeter und Soda zersetzt und der Rückstand mit Wasser vollständig ausgezogen. Bei der großen Uebereinstimmung derselben mit dem schwefelbasischen Chlorwismuth (hinsichtlich der Bildung und des chemischen Verhaltens) habe ich geglaubt, mich auf die Wismuthbestimmung allein beschränken zu dürfen.

II. 0,490 Grm. verloren, im luftfreien Kohlensäurestrome erhitzt

0,157 Grm. . . . 32,04 Proc. Chlorwismuth

und hinterliefsen

0,333 Grm. . . . 67,96 » Selenwismuth.

100,00.

Das Resultat dieser zweiten Analyse ist nicht ganz genau, weil einerseits mit dem Chlorwismuth etwas Selen sich verflüchtigt, wodurch die entweichenden Dämpfe ein röthliches Ansehen und den eigenthümlichen Selengeruch bekommen, andererseits aber kleine Mengen von Chlorwismuth selbst in hoher Temperatur hartnäckig von dem Selenwismuth zurückgehalten werden. Es scheint, dafs beide Fehlerquellen sich bis zu einem gewissen Grade compensiren.

Die Formel $BiCl_3$, $2BiSe_3$ verlangt folgende Zahlen:

			Gefunden:
3 Bi = 7800	64,35 Proc.	Wismuth	64,254 Proc.
3 Cl = 1350	11,11 »	Chlor	
6 Se = 2971,68	24,54 »	Selen	
12121,68	100,00		

oder nach den näheren Bestandtheilen:

			Gefunden.
$BiCl_3$ = 3950	32,58 Proc.	Chlorwismuth	32,04 Proc.
$2BiSe_3$ = 8171,68	67,42 »	Selenwismuth	67,96 »
	100,00.		100,00.

Die untersuchte Substanz darf demnach als *selenbasisches Chlorwismuth* bezeichnet werden.

Dasselbe stellt sich als ein Haufwerk kleiner dunkelstahlgrauer, lebhaft metallglänzender Krystallnadeln dar, die beim Zerreiben ein glanzloses dunkelschwarzbraunes Pulver geben. Weder von kaltem noch von heifsem Wasser wird die Verbindung verändert; auch von concentrirter Chlorwasserstoffsäure wird sie, selbst beim Kochen, kaum bemerkbar angegriffen, — ein Verhalten, wodurch sie sich vom schwefelbasischen Chlorwismuth wesentlich unterscheidet. Dagegen wird sie durch concentrirte kochende Salpetersäure leicht und vollständig zersetzt unter Ausscheidung des Selens. Auch kochende Kalilösung wirkt unter Entziehung von Chlor zersetzend darauf ein; ähnlich, aber weit langsamer und schwieriger, wirkt eine kochende Lösung von kohlensaurem Kali.

Berlin, im März 1855.

XII. *Ueber die Wärmewirkung der Inductionsfunken; von J. C. Poggendorff.*

(Aus d. Monatsbericht. d. Akad. März 1855.)

In seiner letzten Abhandlung erwähnte der Verf. beiläufig, dafs in dem Funkenstrom an der Unterbrechungsstelle des Inductionsdrahts offenbar eine gröfsere Wärmewirkung stattfinde, als in dem Drahte selbst [1]). Er stützte sich dabei, aufser der dort angeführten Thatsche, namentlich auf die wohl allgemein gehegte Ansicht, dafs die elektrischen Funken stets glühende Körpertheilchen enthalten, ja ohne dieselben im Grunde gar nicht gedacht werden können, eine Ansicht, welcher auch einige der von ihm beobachteten Erscheinungen günstig sind. Nichtsdestoweniger konnte

1) Monatsbericht, Januar, S. 27. (Annal. dies. Bd. S. 310).

es wünschenswerth erscheinen, einen directen Beweis von jener Behauptung beigebracht zu sehen, besonders da frühere Beobachtungen, an den Funken der Reibungs-Elektricität angestellt, entweder keine oder keine einwurfsfreien Resultate geliefert hatten.

Für die Inductionsfunken, die man ohne Mühe in einem unausgesetzten Strom erhält, hat nun ein solcher Beweis nicht die geringste Schwierigkeit. Er wird in der augenfälligsten Weise schon von einem guten Quecksilberthermometer an die Hand gegeben. Zwar kann dabei von wirklichen Messungen nicht die Rede seyn, allein es lassen sich doch vergleichbare Resultate erhalten, sobald man nur durch einen möglichst gleichmäfsigen Gang und Zustand des Neeff'schen Hammers für eine stets gleiche Entwicklung der Funken sorgt und auch einige andere leicht als nothwendig zu erkennende Vorsichtsmafsregeln nicht verabsäumt.

Unter Beobachtung dieser Vorsichtsmafsregeln haben dem Verf. seine Versuche folgende Resultate geliefert:

1. Bringt man ein empfindliches Thermometer in oder an den Funkenstrom des Inductionsapparates, so findet sogleich ein bedeutendes Steigen desselben statt, das zu der geringen Wärmeentwicklung im Drahte selbst im schneidensten Gegensatz steht, und um so mehr auffallen kann, als dem Joule'schen Gesetz zufolge die in der ganzen Bahn des Inductionsstroms in gleicher Zeit erregte Wärmemenge bei Unterbrechung des Drahts durch Luft kleiner seyn würde, als bei Continuität desselben.

2. Diefs Steigen ist, bei Gleichheit aller übrigen Umstände, verschieden nach der Natur der Metalle oder Stoffe, von welchen die Funken ausströmen.

Platin, Kupfer, Eisen und Silber weichen zwar in dieser Beziehung wenig von einander ab, obwohl es scheint, dafs unter ihnen Silber am stärksten, und Platin am schwächsten wirke [1]). Aber von diesen Metallen zu denen, die wenig cohärent, leicht schmelz- und verdampfbar sind, ist

1) Nur Graphit gab eine noch geringere Erwärmung.

ein grofser Sprung vorhanden. Sie geben durchschnittlich etwa die doppelte Wirkung.

Bei einer Versuchsreihe, bei welcher das Thermometer mit der Axe seines cylindrischen Behälters, der, bei 11,0^{mm} Länge, 3,5^{mm} im Durchmesser hielt, zwischen den funkengebenden Spitzen stand, und zwar auf jeder Seite um 0,5^{mm} von ihnen entfernt, betrug das Steigen innerhalb einer Minute, als die Spitzen bestanden aus:

Platin . . .	18½° C.
Blei	30½ »
Zinn	33 »
Antimon . .	34¼ »
Zink . . .	35 »
Wismuth . .	37 »

Stärker noch war der Unterschied als der Abstand der Spitzen nur 1½ Millm. betrug und sie beide vom Thermometer berührt wurden. Dann stieg dieses innerhalb einer Minute beim

Platin	23° C.
Kupfer, Eisen . . .	24 bis 26° C.
Silber	27° C.
Zinn	51 »

Neben den Funkenstrom gestellt, kaum in Berührung mit ihm gebracht, erhob sich das Thermometer, bei Zinnspitzen, um 28° C.

3. Auch die Ungleichheit in der Temperatur der beiden Pole des Inductionsdrahts läfst sich deutlich durch das Thermometer nachweisen. Bei einem gegenseitigen Abstand der Polspitzen von 4,5^{mm}, stieg es an der negativen stets 6 bis 7 Grad höher in einer Minute als an der positiven, wenn die Poldrähte beide aus Zink oder Zinn bestanden und etwa 1 Millm. dick waren.

4. Werden zu den Poldrähten zwei verschiedene Metalle genommen, so steigt das mitten im Funkenstrom aufgehängte Thermometer am meisten, wenn das leicht schmelz- und verdampfbare Metall sich am negativen Pol befindet.

So stieg es, bei 4,5^{mm} Abstand der Spitzen, innerhalb einer Minute:

— Pol.	+ Pol.	
Platin	Platin . . .	18½ ° C.
Platin	Zinn . . .	23½ »
Zinn	Platin . . .	31 »
Platin	Wismuth . .	18½ »
Wismuth	Platin . . .	30 »

5. Die höhere Temperatur der Funken bei den leicht schmelz- und verdampfbaren Metallen scheint Folge der Verflüchtigung von Theilchen derselben zu seyn, welche man auch an dem im Funkenstrom hängenden Thermometer unzweideutig erkennt, indem es, bei Anwendung von Zink, Zinn, Wismuth und Blei, an der positiven Seite weifs, und an der negativen (wenigstens bei Wismuth und Blei) braun beschlägt.

6. Diese Verflüchtigung scheint auch, indem sie eine bessere Leitung zwischen den Polen herstellt, einen reichlicheren Uebergang der Funken und damit eine gröfsere Stromstärke hervorzubringen. Die galvanometrische Ablenkung, welche der funkengebende Inductionsdraht hervorbringt, ist zwar sehr unregelmäfsig, so dafs es ungemein schwer hält, sie ihrer Gröfse nach sicher zu bestimmen; allein der Verf. glaubt doch nicht zu irren, wenn er sie namentlich bei Anwendung von Poldrähten aus Zinn für gröfser hält als bei Platindrähten.

7. Diefs veranlafste die Frage, ob die Funken je nach der Natur der Poldrähte mit verschiedener Leichtigkeit übergehen, in der Weise einer Prüfung zu unterwerfen, dafs der Strom zwischen zwei Spitzenpaaren aus verschiedenen Metallen getheilt wurde. Diese Versuche (wie die ähnlichen von Faraday mit verschiedenen Gasen) haben ihre Schwierigkeit und müssen vorsichtig beurtheilt werden, weil, wenn einmal der Funkenstrom aus dem einen Spitzenpaar durch Zufall besser eingeleitet ist als der aus dem anderen, der erstere durch die Erwärmung der Luft und durch die Verflüchtigung von Metalltheilchen ein Ueber-

gewicht über den letzteren erlangen kann, welches ihm an sich nicht gebührt. Im Allgemeinen erhält man, bei Gleichheit der Abstände, gleichzeitig aus beiden Spitzenpaaren Funken, verschieden an Farbe und Helligkeit, je nach der Natur der Metalle, aber anscheinend nicht verschieden an Schlagweite. Manchmal setzt der eine oder der andere Funkenstrom einige Zeit aus, ohne dafs dafür genau ein Grund anzugeben wäre; aber andererseits zeigt sich beim Zink, und noch besser beim Zinn, verglichen mit Platin, constant die Erscheinung, dafs bei kleinen Abständen (etwa von 1 bis 2 Millm.) die Funken *nur* zwischen den ersteren Metallen, bei gröfseren Abständen (3 bis 5 Millm.) nur zwischen dem Platin überspringen. Ohne Zweifel bilden bei den kleinen Abständen die verflüchtigten Zink- oder Zinntheilchen eine so gute Leitung, dafs sie dadurch den Strom ganz zu sich herüberziehen.

8. Aehnlich wie mit den Funken in freier Luft, verhält es sich mit den leuchtenden Entladungen im partiellen Vacuo. Die Temperatur-Erhöhung dabei ist sehr merklich, obwohl nicht so grofs wie bei den Funken. Mit zunehmender Luftverdünnung nimmt sie, trotz des Wachsens der Stromstärke, ab, weil der Widerstand verringert wird.

9. Auch im partiellen Vacuo erhält sich die Temperatur-Ungleichheit der Pole, obwohl sie nicht so grofs zu seyn scheint wie in freier Luft.

Bei einer Luftverdünnung von etwa 12‴ Quecksilberdruck, bei welcher das elektrische Licht zwar noch in einem zusammenhängenden Faden übergeht, aber schon ein klimperndes Geräusch verursacht, welches den Anfang des Knatterns der Funken in freier Luft bildet, — stieg von zwei Thermometern, die um 1 Lin. von den Kugeln abstanden, das am negativen Pol stets $2\frac{1}{2}$ bis 3° höher als das am positiven Pol, nämlich das erstere im Ganzen 15 bis 15,5° C., das letztere 12 bis 13° C. in einer Minute. Die Kugeln, zwischen welchen die Entladung stattfand, waren von Messing und $1\frac{1}{4}$ Zoll von einander entfernt.

Alle hier erwähnten Resultate wurden übrigens vom

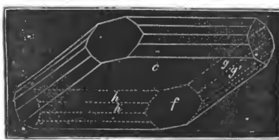
Verf. mit den dickeren, kürzeren seiner Inductionsdrähte unter Anwendung einer Batterie von zwei Grove'schen Elementen und des Condensators erhalten.

XIII. *Ueber die Krystallformen der Mandelsäure und des Aldehydammoniaks; von J. Heufser.*

Beide Salze verdanke ich der gütigen Mittheilung des Hrn. Prof. Staedeler.

1. Mandelsäure $= HO . C_2HO_3, C_{14}H_6O_2$.

Sie krystallisirt in Tafeln, die denen des Schwerspaths sehr ähnlich sind, und wie diese dem 2- und 2gliedrigen



System angehören. Gemessen wurden die Neigungen der Flächen $h:c$ und $g:c$ und zwar ergab sich:

$$h : c = 127^\circ\ 30'$$
$$g : c = 131\ \ \ 4$$

Da die Flächen h und g bei ihrem Durchschnitt mit f parallele Kanten bilden, so sind diese drei Flächen f, g und h drei zusammengehörige Paare, entstanden durch Abstumpfung der dreierlei Kanten eines Rhombenoctaëders, und zwar folgen aus den angeführten Messungen für die Axen dieses Octaëders folgende Werthe:

$$a : b : c = 1 : 1{,}136 : 1{,}304.$$

Ferner wurde gemessen die Neigung $g' : c$ (an einem Krystall, an dem die Fläche g nicht ausgebildet war) und zwar ergab sich:

$$g' : c = 113^\circ\ 0'$$

aus welcher Messung hervorgeht, dafs die Fläche g' die die zweifach schärfere des zweiten Paares g ist. Und da ferner auch h' und g' bei ihrem Durchschnitt mit f parallele Kanten bilden, so wird auch h' die zweifach schärfere Fläche des dritten Paares seyn, und wir haben somit für unsere Flächen folgende Zeichen:

$$\begin{aligned} f &= \ a : \ b : \infty c \\ g &= \infty a : \ b : \ c \\ h &= \ a : \infty b : \ c \\ c &= \infty a : \infty b : \ c \\ g' &= \infty a : \tfrac{1}{2} b : \ c \\ h' &= \tfrac{1}{2} a : \infty b : \ c \end{aligned}$$

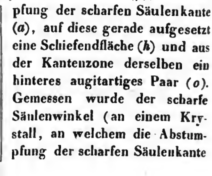
Die angeführten Messungen wurden nur je Ein Mal, aber an ziemlich klar spiegelnden Flächen ausgeführt, da mir nur einige wenige Krystalle zu Gebote standen.

Ein ziemlich vollkommen blättriger Bruch scheint mir der geraden Endfläche c parallel zu gehen; doch habe ich bei den wenigen Krystallen keine Versuche gemacht, sondern schliefse diefs aus einzelnen Individuen, an denen der Bruch bereits entblöfst schien.

2. **Aldehydammoniak** $= NH_3HC . C_4H_3O$.

Diese Krystalle gehören dem 2- und 1-gliedrigen Systeme an; sie zeigen eine symmetrische Säule (f), Abstumpfung der scharfen Säulenkante (a), auf diese gerade aufgesetzt eine Schiefendfläche (h) und aus der Kantenzone derselben ein hinteres augitartiges Paar (o). Gemessen wurde der scharfe Säulenwinkel (an einem Krystall, an welchem die Abstumpfung der scharfen Säulenkante





nicht ausgebildet war), und zwar fand sich die Neigung:

$$f : f = 87^\circ\, 6'.$$

Ferner wurde gemessen die Neigung der Schiefendfläche zur Abstumpfung der scharfen Säulenkante:

$$h : a = 97^\circ\, 36'$$

woraus, wenn wir annehmen, dafs die Schiefendfläche die verticale Axe in der Einheit schneidet, sich folgendes Axenverhältnifs ergiebt:

$$a : b : c = 1 : 0{,}950 : 0{,}133.$$

Diefs Verhältnifs ist jedoch ein ziemlich ungenaues, da die einzelnen Messungen ein und desselben Winkels an verschiedenen Individuen 20 bis 30 Minuten differirten. Die Flächen spiegelten nämlich nicht mehr scharf; unmittelbar aus der Lösung (Aether) genommen, sind sie glänzend, werden aber schon nach einigen Tagen matt.

Wir haben also für die Flächen a, f und h folgende Zeichen:

$$f = a : \quad b : \infty c$$
$$a = a : \infty b : \infty c$$
$$h = a : \infty b : \quad c$$

und für o, weil dieselbe in die Kantenzone der Schiefendfläche gehört:

$$o = \frac{1}{n}\, a : \frac{1}{n+1}\, b : c.$$

Die Neigung dieser Fläche o zur Säulenfläche wurde auch an mehreren Krystallen gemessen und als Mittel dieser bis 40 Minuten differirenden Messung

$$o : f = 132^\circ\, 20'.$$

Aus diesem Winkel ergiebt sich allerdings kein einfacher rationaler Werth; um einen solchen zu erhalten, brauchten wir übrigens nicht die Extreme der Messungen zu überschreiten. Ich ziehe es aber vor, bis genauere Messungen mir möglich werden, den Ausdruck der Fläche unbestimmt zu lassen.

XIV. *Einige Bemerkungen über Fluorescenz; von H. Osann.*

Die Analogie zwischen Fluorescenz und Phosphorescenz ist schon von Stokes in seiner Abhandlung über erst genannten Gegenstand (Ergänzungsband diese Ann. Bd. IV. S. 177) anerkannt worden; sie läfst sich aber noch weiter durchführen, als es daselbst geschehen ist. Bei meiner Untersuchung über Phosphorescenz, welche in diesen Annalen (Bd. III, S. 405) enthalten ist, bin ich unter anderen zu folgenden Ergebnissen gekommen, welche sich sehr gut in Einklang mit den Erfahrungen von Stokes über Fluorescenz bringen lassen.

1. Die der violetten Seite des Spectrums angehörenden Lichtstrahlen sind diejenigen, welchen vorzugsweise phosphorogenische Eigenschaften zukommen. Diefs ist eine Bestätigung schon früher gemachter Beobachtungen. Sie stimmt mit dem Verhalten der fluorescirenden Flüssigkeiten überein.

2. Die Phosphore leuchten stets mit dem ihnen eigenen farbigen Licht, gleichviel durch welche farbige Strahlen in ihnen die Phosphorescenz erregt worden ist. Ich hatte mich in Betreff dieses Punktes in meiner Abhandlung dahin ausgesprochen, dafs die Ursache des Phosphorescirens wohl in dem mit den farbigen Strahlen mit durchgehenden unzersetzten Licht zu suchen sey. Die Versuche über Fluorescenz gestatten jedoch eine andere Auffassung des Gegenstandes. Es geht aus ihnen hervor, dafs farbige Strahlen andere nicht sichtbare mit sich führen, welche durch die fluorescirenden Flüssigkeiten in farbige Strahlen umgeändert werden. So können gelbe, grüne und blaue Lichtstrahlen, welche man dadurch hervorbringen kann, dafs man Tageslicht durch Lösungen von chromsaurem Kali, Kupferchlorid und schwefelsaurem Kupferoxyd-Ammoniak hindurchgehen läfst, in einer weingeistigen Blattgrünlösung rothe Lichtstrahlen

trahlen erzeugen. Berücksichtigt man nun die sonstige Aehnlichkeit beider Klassen von Erscheinungen, so ist die gröfsere Wahrscheinlichkeit vorhanden, dafs das farbige Leuchten des Phosphors auf gleiche Weise entstehe.

3. Ich habe bei meinen Versuchen über Phosphorescenz dargethan, dafs die stark leuchtenden Phosphore (es ist anzunehmen, dafs ein Gleiches auch bei den schwach leuchtenden stattfinde) schon bei der Bestrahlung des gewöhnlichen Tageslichts mit ihren Farben leuchten. Die Phosphore, an welchen ich diese Beobachtung gemacht habe, sind die von mir aufgefundenen, Realgar- und Schwefelantimonphosphor. Sie haben die Form der Austerschalen, mit welchen sie dargestellt wurden. Bei auffallendem Tageslicht sehen sie weifs aus. Das Auge ist unter diesen Umständen so sehr geblendet, dafs es die phosphorische Farbe derselben nicht wahrnimmt. Sowie man sie aber nur halb dunkel hält, tritt ihre Farbe hervor. Man sieht dann den ersten mit bläulichem, den zweiten mit grünlichem Licht leuchten. Mit Hülfe der Thatsachen über Fluorescenz läfst sich eine folgende Erklärung geben. Der Reflex des weifsen Lichts dieser Phosphore bei vollkommen auffallendem Tageslicht rührt von den gewöhnlichen Strahlen des Spectrums her, das farbige phosphorische Licht hingegen von den chemischen Strahlen oder, wie sich Stokes ausdrückt, nicht sichtbaren oder aller brechbarsten her, welche nach der Natur der Phosphore in diese oder jene farbigen Strahlen verwandelt werden. — Auf diese Weise wird der Widerspruch erklärlich, wie diese Phosphore zugleich weifses und farbiges Licht reflectiren können.

4. Auch die Beobachtung von Draper, nach welcher Chlorgas längere Zeit der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt, die Fähigkeit erlangt, sich nun auch im Dunkeln und ohne Erwärmung mit Wasserstoffgas zur Salzsäure zu vereinigen, findet jetzt eine Erklärung. — Das Chlorgas ist nämlich ein fluorescirendes Gas, nimmt als solches die chemischen Lichtstrahlen auf und wird jetzt in die Modifica-

tion versetzt, in welcher es activ gegen Wasserstoffgas auftritt. Es ist diefs ein ähnliches Verhalten wie zwischen gewöhnlichen Sauerstoff und Ozon-Sauerstoff.

Würzburg den 2. Dec. 1854.

XV. *Pluviometrische Beobachtungen zu Havana.*

Regenbeobachtungen, die Hr. Casaseca zu Havana vom 1. Jan. 1854 bis zum 1. Jan. 1855 anstellte, haben demselben folgende Resultate geliefert:

	Regentage.	Regenmenge. Millimeter.
Januar	9	32
Februar	4	74
März	4	88
April	13	96,5
Mai	11	57
Juni	13	107,6
Juli	9	162
August	9	136
September	10	117,4
October	9	69,5
November	5	40
December	10	60,2
Summa	106.	1040,2.

Die Regenmenge von 1040 Millimeter ist nur etwa doppelt so grofs wie die mittlere von Paris, aber es giebt dafür in Havana viel stärkere Güsse; am 18. Juli 1854 fielen innerhalb drittehalb Stunden 71,5 Millimeter, also in der Stunde 28 Millimeter herab. Einen noch stärkeren Regen erlebte Admiral Roussin zu Cayenne; derselbe hielt von 8 Uhr Abends bis 6 Uhr Morgens ununterbrochen an und lieferte 280 Millimeter Wasser, also auch 28 Millimeter pro Stunde. Uebrigens war die Regenmenge zu

Havana i. J. 1854 kleiner als gewöhnlich; dagegen regnete es mehr im Innern der Insel. (*Compt. rend. T. XL. p.* 362.)

XVI. *Hagelfälle und deren wahrscheinliche Zunahme auf Cuba.*

Nach einer von Hrn. André Poey in den *Compt. rend. T.* 39 *p.* 1065 gegebenen Zusammenstellung datirt der älteste Hagelfall zu Havana, von dem man Kunde hat, vom 8. März 1784. Von 1784 bis 1825, also innerhalb eines Zeitraums von 40 Jahren, kam daselbst nicht ein einziger Hagelfall vor. Von 1828 bis 1846 gab es 17 Jahre ohne Hagel. Dagegen hagelte es in den vier Jahren 1846 bis 1849, im letzteren sogar drei Mal, ein Mal im März und zwei Mal im August. Im Jahre 1850 gab es keinen Hagelfall, wohl aber 1851 bis 1854. In der Regel erfolgen die Hagelfälle bei Gewittern und Südsüdwestwinden. Allein es giebt auch Ausnahmen; der vom 27. August 1845, der zu *Santiago de las Vegas* stattfand, trat unmittelbar nach einem heftigen Windstofs aus Nordosten ein, ohne dafs Regen vorausging oder nachfolgte, auch ohne elektrische Explosionen. Gewöhnlich aber fällt der Hagel zu Havana vor oder nach einem starken Regen, zwischen 1 und 3 Uhr Nachmittags.

Im *Innern* von Cuba verflossen die 40 Jahre von 1784 bis 1825 ebenfalls ohne Hagel, von 1825 bis 1828 gab es zwei Jahre ohne denselben; in den 14 Jahren von 1828 bis 1844 hagelte es wiederum nicht, dagegen von 1844 bis 1854, mit Ausnahme von 1850, alle Jahr.

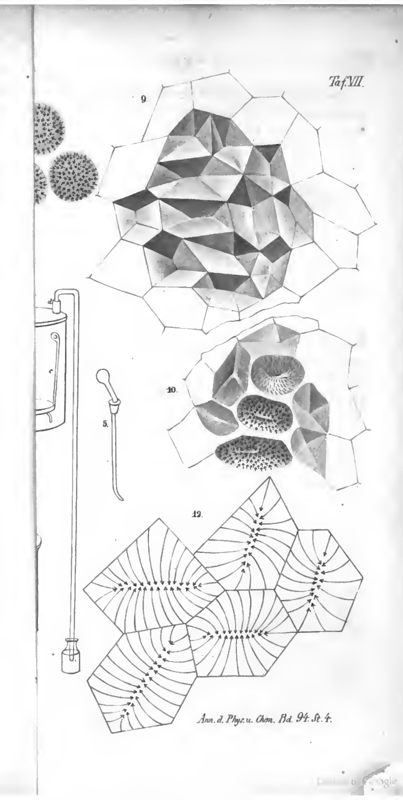
Zieht man die ganze Insel von 1784 bis 1854 in Betracht, so ergiebt sich, dafs es 1849 am häufigsten hagelte, nämlich neun Mal, dann 1853 acht Mal, 1846, 1847 und 1852 drei Mal, 1845, 1851 und 1854 zwei Mal und in den übrigen Jahren nur ein Mal.

Die Hagelfalle erfolgen in allen Monaten (mit Ausnahme des Januars, Julis, Septembers und Novembers), sind im März und April, den Monaten, welche die Mitteltemperatur des Jahrs repräsentiren, am häufigsten, und erst dann kommen die heifsesten Monate, Juni und August. Der Juli hat von den innerhalb 70 Jahren beobachteten 39 Fällen nicht einen aufzuweisen.

XVII. *Statistik der durch den Blitz Erschlagenen.*

In den *Compt. rend. T.* 39 *p.* 783 zeigt Hr. Boudin, dafs die Zahl der straks durch den Blitz Getödteten (*tués raide*) viel gröfser ist als Arago und Kämtz es glaubten. Nach officiellen Documenten belief sich die Zahl dieser Todesfälle in Frankreich i. J. 1835 auf 111 und i. J. 1847 auf 108. Rechnet man noch diejenigen hinzu, welche in Folge eines Blitzschlages starben, so kann man in Summa die Zahl der Opfer, welche die Wolken-Elektricität jährlich von Frankreich fordert, nach Hrn. Boudin auf 200 anschlagen, denn sie betrug in der kurzen Periode von 1835 bis 1852 nicht weniger als 1308, und darunter mochten an 500 seyn, die ihren Schutz unter Bäumen suchten. Nach anderen Documenten beträgt die Anzahl der jährlich unmittelbar vom Blitz Erschlagenen in Belgien 3, in Schweden 9,64, in England 22. Es scheinen mehr Männer, als Frauen vom Blitz getroffen zu werden. Das Maximum der auf einmal Getödteten ging nicht über 8 bis 9 Personen. Bei Thieren ist es viel gröfser; nach Hrn. Abbadie wurden in Aethiopien durch einen einzigen Blitzschlag 2000 Schaafe getödtet.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.


Taf. VII.
9.
10.
5.
12.
Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 94. St. 4.




Digitized by Google

